

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS METODOLOGÍAS BIM Y TRADICIONAL COMO
HERRAMIENTAS DE DISEÑO Y PLANEACIÓN EN EL DESVIÓ DE REDES
HIDROSANITARIAS**

PRESENTADO POR:

Bryan Estick Garzón Espinel CÓDIGO: 506440

Jorge Steven Triviño Torres CÓDIGO: 506069

DOCENTE ASESOR:

NOMBRE: Ing. Henry Alberto Córdoba Romero

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ, D.C

2021

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS METODOLOGÍAS BIM Y TRADICIONAL COMO
HERRAMIENTAS DE DISEÑO Y PLANEACIÓN EN EL DESVIÓ DE REDES
HIDROSANITARIAS**

PRESENTADO POR:

Bryan Estick Garzón Espinel CÓDIGO: 506440

Jorge Steven Triviño Torres CÓDIGO: 506069

DOCENTE ASESOR:

NOMBRE: Ing. Henry Alberto Córdoba Romero

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ, D.C
2021**



Atribución-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0)

This is a human-readable summary of (and not a substitute for) the [license](#). Advertencia.

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material

La licenciente no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciente.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia](#).

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Bogotá, julio, 2021

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.	13
2	PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	15
	Pregunta de investigación	15
3	OBJETIVOS	16
3.1	GENERAL	16
3.2	ESPECÍFICOS	16
4	ALCANCES Y LIMITACIONES.	17
5	ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.	18
6	MARCO REFERENCIAL	20
6.1	MARCO TEÓRICO.	20
6.2	MARCO CONCEPTUAL.	24
	Fuente. Los autores	24
6.3	MACO LEGAL	25
	Tabla 1. Marco normativo	25
6.4	ESTADO DEL ARTE.	27
7	MARCO METODOLÓGICO	30
7.1	ESTRUCTURA METODOLÓGICA PRINCIPAL	30
	Tabla 2. Estructura metodológica principal	30
7.2	DESCRIPCIÓN DE INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS	32
7.2.1	Fase 1	32
	Herramientas Graficas	33

Fuente. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá	34
Herramientas Graficas	34
Figura 4. Software de diseño AutoCAD	35
7.2.2 Fase 2:	35
Hojas de cálculo en Excel:	35
Figura 5. Hojas de cálculo en Excel para el cálculo hidráulico (Fuente del autor)	36
Software de diseño BIM:	37
7.2.3 Fase 3:	37
Identificar las características de la metodología convencional y BIM:	37
7.2.4 Fase 4:	38
Identificación de ventajas y desventajas de cada metodología para los movimientos de redes hidrosanitarias en obras de ingeniería civil:	38
8 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	40
8.1 IMPLEMENTACIÓN DE ESTRUCTURA MODELO	40
Figura 12. Puente vehicular (Fuente Google Earth)	43
Figura 13. Intersección BRT (Fuente Google Earth)	44
8.4 REDES HIDROSANITARIAS	45
8.4.1 Redes Existentes:	45
Figura 14. Plano red existente	45
8.4.2 Redes Existentes a Desmontar:	46
Figura 15. Plano red por desmontar	46
8.4.3 Redes Propuestas:	47

Figura 16. Plano propuesta de desvío de red	47
8.4 INVESTIGACIÓN Y ELABORACIÓN DE PLANOS DE REDES HIDROSANITARIAS:	48
Tabla 3. Metodología tradicional y BIM	48
8.5 RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS HIDRÁULICOS Y ELABORACIÓN DE PLANOS DE REDES HIDROSANITARIAS.	49
8.5.1 Calculo de redes acueducto	50
8.5.1 Calculo de redes de acueducto	50
8.4.1.5 CAUDAL DE DISEÑO (QDT)	52
8.4.2 Cálculo de redes alcantarillado	52
Figura 17. Cálculo de alcantarillado	53
9 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	54
Tabla 4. Análisis de resultados	54
9.1 Metodología Tradicional	55
9.2 Metodología BIM	55
Figura 18. Comparación porcentual de las etapas realizadas en horas trabajadas	56
CONCLUSIONES	58
RECOMENDACIONES	59
Bibliografía	60
Tabla 5. Tubería a Desmontar Red Pluvial Puente Vehicular	93
Tabla 7. Tubería a Desmontar Red Sanitaria Puente Vehicular	95
Tabla 9. Tubería a Desmontar Red Suministro Puente Vehicular	97
Tabla 11. Tubería a Desmontar Red Sanitaria Intersección BRT	105

Tabla 12. Tubería Nueva Red Sanitaria Intersección BRT	106
Tabla 13. Tubería a Desmontar Red Suministro Intersección BRT	107
Tabla 15. Tubería a Desmontar Red Sanitaria Espacio Público	112
Tabla 16. Tubería Nueva Red Sanitaria Espacio Público	113
Tabla 18. Tubería Nueva Red Suministro Espacio Publico	115

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de conceptos	24
Figura 2. Software Google Earth	33
Figura 3. Mapa de información ArcGIS (Fuente EAAB)	34
Figura 4. Software de diseño AutoCAD (Fuente del autor)	35
Figura 5. Hojas de cálculo en Excel para el cálculo hidráulico (Fuente del autor)	36
Figura 6. Software de diseño REVIT (Fuente Autodesk)	37
Figura 7. Software de diseño REVIT y AutoCAD (Fuente Autodesk)	38
Figura 8. Software de administrador de Proyectos (Fuente Microsoft Project)	39
Figura 9. Modelo de estructura en la intersección intersección BRT	41
Figura 10. Modelo de estructura en la intersección puente vehicular	41
Figura 11. Espacio Público Usaquén (Fuente Google Earth)	42
Figura 12. Puente vehicular (Fuente Google Earth)	43

Figura 13. Intersección BRT (Fuente Google Earth)	44
Figura 14. Plano red existente	45
Figura 15. Plano red por desmontar	46
Figura 16. Plano propuesta de desvío de red	47
Figura 17. Cálculo de alcantarillado	53
Figura 18. Comparación porcentual de las etapas realizadas en horas trabajadas	56

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Marco normativo	21
Tabla 2. Estructura metodológica principal	26
Tabla 3. Metodología tradicional y BIM	43
Tabla 4. Análisis de resultados	48
Tabla 5. Tubería a Desmontar Red Pluvial Puente Vehicular	87
Tabla 6. Tubería Nueva Red Pluvial Puente Vehicular	88
Tabla 7. Tubería a Desmontar Red Sanitaria Puente Vehicular	89
Tabla 8. Tubería Nueva Red Sanitaria Puente Vehicular	90
Tabla 9. Tubería a Desmontar Red Suministro Puente Vehicular	91
Tabla 10. Tubería Nueva Red Suministro Puente Vehicular	92
Tabla 11. Tubería a Desmontar Red Sanitaria Intersección BRT	99
Tabla 12. Tubería Nueva Red Sanitaria Intersección BRT	100

Tabla 13. Tubería a Desmontar Red Suministro Intersección BRT	101
Tabla 14. Tubería Nueva Red Suministro Intersección BRT	102
Tabla 15. Tubería a Desmontar Red Sanitaria Espacio Público	106
Tabla 16. Tubería Nueva Red Sanitaria Espacio Público	107
Tabla 17. Tubería a Desmontar Red Suministro Espacio Público	108
Tabla 18. Tubería Nueva Red Suministro Espacio Publico	109

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Red Pluvial Existente - Puente Vehicular	57
Anexo 2. Red Pluvial a Desmontar - Puente Vehicular	58
Anexo 3. Red Pluvial Propuesta - Puente Vehicular	59
Anexo 4. Red Sanitaria Existente - Puente Vehicular	60
Anexo 5. Red Sanitaria a Desmontar – Puente Vehicular	61
Anexo 6. Red Sanitaria Propuesta – Puente Vehicular	62
Anexo 7. Red Suministro Existente – Puente Vehicular	63
Anexo 8. Red Suministro a Desmontar – Puente Vehicular	64
Anexo 9. Red Suministro Propuesta – Puente Vehicular	65
Anexo 10. Red Sanitaria Existente – Espacio Público	66
Anexo 11. Red Sanitaria a Desmontar – Espacio Público	67
Anexo 12. Red Sanitaria Propuesta – Espacio Público	68

Anexo 13. Red Suministro Existente – Espacio Público	69
Anexo 14. Red Suministro a Desmontar – Espacio Público	70
Anexo 15. Red Suministro Propuesta - Espacio Público	71
Anexo 16. Red Sanitaria Existente – Intersección BRT	72
Anexo 17. Red Sanitaria a Desmontar – Intersección BRT	73
Anexo 18. Red Sanitaria Propuesta – Intersección BRT	74
Anexo 19. Red Suministro Existente – Intersección BRT	75
Anexo 20. Red Suministro a Desmontar – Intersección BRT	76
Anexo 21. Red Suministro Propuesta – Intersección BRT	77
Anexo 22. 3D – Red Pluvial Existente Puente Vehicular	78
Anexo 23. 3D-Red Pluvial a Desmontar Puente Vehicular	79
Anexo 24. 3D-Red Pluvial Propuesta Puente Vehicular	80
Anexo 25. 3D – Red Sanitaria Existente Puente Vehicular	81
Anexo 26. <i>3D-Red Sanitaria a Desmontar Puente Vehicular</i>	82
Anexo 27. 3D-Red Sanitaria Propuesta Puente Vehicular	83
Anexo 28. Anexo 29. 3D – Red Suministro Existente Puente Vehicular	84
Anexo 30. 3D-Red Suministro a Desmontar Puente Vehicular	85
Anexo 31. 3D-Red Suministro Propuesta Puente Vehicular	86
Anexo 32. 3D – Red Sanitaria Existente Intersección BRT	93
Anexo 33. 3D-Red Sanitaria a Desmontar Intersección BRT	94
Anexo 34. 3D-Red Sanitaria Propuesta Intersección BRT	95
Anexo 35. 3D – Red Suministro Existente Intersección BRT	96

Anexo 36. 3D-Red Suministro a Desmontar Intersección BRT	97
Anexo 37. 3D-Red Suministro Propuesta Intersección BRT	98
Anexo 38. 3D – Red Sanitaria Existente Espacio Público	103
Anexo 39. 3D-Red Sanitaria a Desmontar Espacio Público	104
Anexo 40. 3D-Red Sanitaria Propuesta Espacio Público	105

1 INTRODUCCIÓN.

Este trabajo se enmarca en el análisis comparativo de las metodologías tradicional y BIM con la finalidad de identificar las ventajas y desventajas que ofrece cada una con relación al desplazamiento de redes Hidrosanitarias por construcciones de gran escala en mallas viales. El proceso de planeación de una obra civil se puede ejecutar a través de las metodologías tradicional y BIM, la primera corresponde a una forma de planeación con diferentes herramientas, las cuales se realizan de manera independiente; del otro lado la metodología BIM unifica todas las etapas en una sola herramienta. Estas metodologías de acuerdo con el autor ¹ las organizaciones para la gestión de un proyecto son: inicio, planificación, ejecución, monitoreo y control.

Actualmente algunas obras civiles se han visto afectadas por los atrasos que se presentan en su ejecución con relación al desvío de redes hidrosanitarias, ejemplo de ello es el deprimido de la calle 93 ² así mismo la fase 3 de Transmilenio; obras en las cuales se generaron sobrecostos e impactos en la comunidad ³. De acuerdo con lo anterior es importante analizar la metodología BIM con respecto al sistema tradicional para lograr determinar cuál es el rango de errores en este tipo de proyectos.

Se presenta el soporte teórico y metodológico, el primero enmarcado en la comprensión de conceptos como, redes hidrosanitarias, redes matrices, redes troncales, redes secundarias y terciarias e intervención de redes con respecto a la normatividad vigente ⁴ Con relación a la metodología se presenta una propuesta de trabajo de 5 fases mediante las cuales se pretende determinar que la metodología BIM (Building information modeling) puede llegar a ser más efectiva que la metodología tradicional. De forma general se presenta el cronograma de

¹ La Opinión de Zamora S.A, "BIM revoluciona la construcción de edificios", Prensa Iberica, 30 05 2018. Tomado de: <https://www.laopiniondezamora.es/infraestructuras-logistica/2018/05/30/bim-revoluciona-construccion-edificios-1065452.html>.

² VEEDURÍA DISTRITAL, "Lecciones aprendidas sobre la construcción del deprimido de la calle 94", VEEDURÍA DISTRITAL, Bogotá, 2017.

³ Cámara de Comercio de Bogotá Universidad de Los Andes, "Boletín de avance de las obras de Transmilenio fase III.", Universidad de Los Andes, Bogotá, 2009.

⁴ Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, "ajustes, actualización y complementación de la factibilidad y estudios y diseños del cable San Cristóbal, en Bogotá D.C.", Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, Bogotá D.C, 2020.

actividades y un presupuesto en el que se describen los implementos y costos asociados al desarrollo de la presente propuesta de trabajo de grado.

2 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

En la ejecución de obras civiles que requieren el desvío de redes hidrosanitarias suelen presentarse sobrecostos y desajustes que ocasionan una serie de impactos negativos a las comunidades en las zonas aledañas del proyecto, entre estos se encuentran. De acuerdo con el Boletín de avance de las obras de Transmilenio fase III 3 se puede evidenciar que aunque estos atrasos se reflejan en la etapa de construcción, proceden de falencias en las etapas anteriores, las cuales suelen ser atribuidas a la falta de investigación de redes que se debe realizar en la etapa de pre factibilidad del proyecto, al respecto, la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C afirma que esta investigación debe ser realizada sobre estudios de la zona que se pretende intervenir y además se deben guiar a partir de los planos hidrosanitarios del sector.
4

De igual manera, la norma técnica de servicio NS-059, que recomienda el acueducto de Bogotá para la intervención de redes hidrosanitarias señala como requisitos una serie de pasos y categorización de daños que puede existir en una red matriz y la forma como se debería intervenir ⁵. De modo que , según los antecedentes de las obras civiles en Bogotá, se tiene que los atrasos presentados no empalman con la programación de obra, los sobrecostos son un impacto para el proyecto y el sobretiempo un impacto para la comunidad.

Dentro de este contexto se hace importante indagar sobre las ventajas y desventajas de la metodología tradicional y BIM con el fin de identificar cual puede permitir reducir o eliminar los desfases en costos y tiempos de una obra civil.

Pregunta de investigación

¿Cuáles son las ventajas y desventajas de la metodología tradicional y BIM para el desvío de redes hidrosanitarias?

⁵ Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, «Aspectos técnicos para la reparación de redes - ns-059,» EAAB-Norma Técnica, Bogotá, 2002.

3 OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Identificar las ventajas y desventajas de cada una de las metodologías, tradicional y BIM (Building Information Modeling) que se tiene en un proceso de planeación y diseño, con énfasis en movimientos de redes hidrosanitarias.

3.2 ESPECÍFICOS

Identificar la metodología del sistema convencional aplicado al desarrollo de desplazamientos de redes hidrosanitarias en la planeación y diseño de obras de ingeniería civil.

Identificar el procedimiento de la metodología BIM aplicado al desarrollo de desplazamientos de redes hidrosanitarias en la planeación y diseño de obras de ingeniería civil.

Comparar los aspectos importantes de las metodologías tradicional y BIM para el desarrollo de desplazamientos de redes hidrosanitarias en la planeación y diseño de obras de ingeniería civil.

Identificar la metodología óptima que permita mejorar las etapas de planeación y diseño de un proyecto de ingeniería civil.

4 ALCANCES Y LIMITACIONES.

Este proyecto de investigación pretende recopilar toda la información necesaria y pertinente para el estudio de movimientos de redes hidrosanitarias en el proceso de planeación y diseño de un proyecto de ingeniería civil (Intersección vial, espacios públicos e intersecciones con vías de sistema BRT), elaborando un análisis comparativo entre la metodología convencional y la metodología BIM, teniendo como resultado al final de la investigación un reporte de los resultados obtenidos evidenciando las ventajas y desventajas de cada una de las metodologías y logrando identificar cuál de estas es la más óptima para mejorar las etapas de planeación y diseño de una obra de ingeniería civil.

5 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.

Estados Unidos es considerado el país pionero de la tecnología BIM desde el año 2003, debido a que, allí se ha experimentado con diferentes softwares en busca de que el rendimiento de esta tecnología avance a gran escala ⁶A lo largo del tiempo la implementación a gran escala de la tecnología BIM para proyectos del sector público se inició en Noruega y Finlandia, en el año 2007 basándose en el formato IFC siendo este un formato de datos que tiene como finalidad permitir el intercambio de un modelo informativo sin la pérdida o distorsión de datos o informaciones; llegando a implementar en 2016 la tecnología BIM en un amplio rango de proyectos del sector público.

En Dinamarca desde el año 2011 todos los proyectos locales y regionales con un costo igual o mayor a los 2.7 millones de euros deben elaborarse con la tecnología BIM para mitigar errores y sobrecostos, en el año 2014 Australia y Nueva Zelanda ofrecen una guía BIM para transporte e infraestructuras para agencias gubernamentales asegurando que en 15 años se deberá trabajar en un 100% todos sus proyectos con esta tecnología, Holanda en el año 2015 logra desarrollar el 76% de sus proyectos con la tecnología BIM desde la fase de diseño hasta la fase de mantenimiento, esto quiere decir que aplican en un 100% el manejo de la tecnología teniendo mejores resultados.

En el año 2016 el gobierno de Reino unido declara cumplimiento obligatorio el uso de la tecnología BIM en proyectos gubernamentales, llevando así a que el 80% de las empresas ya trabajen con esta tecnología, otros países como Francia adoptan desde 2017 modalidades de países con más campo de experiencia en la tecnología BIM y exige el uso de esta para proyectos de más de 20 millones de euros al igual que Dinamarca garantizando una mitigación de errores y sobrecostos, los países de oriente y de medio oriente como Dubái, Singapur, China, Corea del Sur y Japón declaran de manera obligatoria el uso de la tecnología BIM para todos los proyectos que se ejecuten desde el año 2016.

En los países centroamericanos y sudamericanos la implementación de la tecnología BIM es más limitada, siendo México, Chile y Brasil los países con mayor conocimiento y aplicación en la generación de proyectos BIM.

⁶ P. Henríquez y C. Suaznábar, "BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO DIB", tomado de: <https://blogs.iadb.org/innovacion/es/bim-transformacion-digital-en-la-construccion/>.

Identificando que en diferentes países a nivel mundial donde la tecnología BIM ha presentado aspectos positivos en su aplicación a proyectos de construcción, logrando mitigar inconvenientes y mejorando la calidad de detalle en los entregables técnicos para la construcción y mantenimiento de estos.

Para el caso de la ciudad de Bogotá D.C, la infraestructura de redes hidrosanitarias actualmente está sufriendo variaciones notorias por las actualizaciones de materiales o la inclusión de obras civiles que obligan al desplazamiento de estas mismas; tales son, en general las recomendaciones de la Veeduría Distrital como prioridad contar con estudios y diseños definitivos, que contengan a un nivel de detalle alto la zona donde se ejecutará el proyecto 1.

Bajo el análisis comparativo de las metodologías convencional y BIM se busca identificar las ventajas y desventajas de cada una de ellas logrando definir la metodología más óptima para los desplazamientos de redes hidrosanitarias en la planeación y diseño de obras de ingeniería civil.

6 MARCO REFERENCIAL

A continuación, se presenta el marco referencial del proyecto denominado “Análisis comparativo de las metodologías BIM y tradicional como herramientas de diseño y planeación en el desvío de redes hidrosanitarias” dicho marco se desarrollará bajo los siguientes aspectos:

- Marco teórico
- Marco conceptual
- Marco normativo
- Estado del arte

6.1 MARCO TEÓRICO.

El diseño y la intervención en infraestructuras, vías y espacios públicos son la base para el diseño y desvío de redes hidrosanitarias uno de los documentos técnicos de la Alcaldía Mayor de Bogotá que se enfoca en los ajustes, actualización y complementación del cable de San Cristóbal, en Bogotá DC nos habla en el capítulo 6 de los “productos entregables para las etapas de Factibilidad y diseño de redes hidrosanitarias las cuales están compuestas por la infraestructura de acueducto, alcantarillado, redes internas y red contraincendios” ⁴⁷. De acuerdo a esta investigación de los desvíos de rede hidrosanitarias se van a trabajar las siguientes redes:

- Red acueducto (red menor, red secundaria y red matriz)
- Red alcantarillad (pluvial y sanitario)

Intervención en redes del alcantarillado: Para el desvío de redes de alcantarillado la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá tiene una norma técnica de

⁷ Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, “Ajustes, actualización y complementación de la factibilidad y estudios y diseños del cable San Cristóbal, en Bogotá D.C.”, Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, Bogotá D.C, 2020.

servicio [7]⁸ donde indica los requerimientos para la intervención de una red de alcantarillado como por ejemplo por parte del contratista mencionar con anterioridad la intervención de dicha red para así contar con un plan detallado de intervención para el manejo de las aguas residuales.

Intervención en una red matriz: la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá cuenta con una serie de normas técnicas de servicio para la intervención en redes matrices, donde recomiendan técnicas de construcción para la intervención de estas redes dependiendo la zona donde se va a intervenir como por ejemplo si son vías de Transmilenio o intersecciones viales recomiendan tuberías en concreto o metálicas y así. Estas normas técnicas tienen un orden para que el constructor no tenga inconvenientes en la intervención de la red matriz señalan puntualmente recomendaciones para todo tipo de condición como materiales de tubería y accesorios, estudios de suelos, estudios preliminares, intervenciones a posibles impactos sociales, y pruebas del sistema.

Intervención en redes secundarias: existen en el sistema constructivo métodos para el desvío e intervención de redes de agua potable como, por ejemplo: instalación de tuberías sin zanja para acueducto ⁸, reposición de redes de acueducto por rotura, instalación de tuberías en zanja abierta ⁹¹⁰, empates de tuberías en redes de acueducto [10]¹¹ y criterios de instalación de BY-PASS en redes matrices de acueducto

Para una mejor comprensión del presente trabajo de grado, se presenta a continuación las definiciones generales dentro de las cuales se desarrolla la investigación.

⁸ Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, “Requerimientos de Construcción para la rehabilitación de redes de alcantarillado con revestimiento enrollado en espiral”, Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, Bogotá, 2018.

⁹ EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ, “Criterios para la instalación de tuberías sin zanja para acueducto”, EAAB, Bogotá, 2005.

¹⁰ Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, «Instalación de tuberías en zanja abierta para redes de acueducto,» EAAB-Norma Técnica, Bogotá, 2005.

¹¹ Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, “EMPATES DE TUBERÍAS EN REDES DE ACUEDUCTO”, EAAB-Norma Técnica, Bogotá, 2005.

Puente vehicular: Los puentes vehiculares son parte de los proyectos y obras de infraestructura de transporte que favorecen el desarrollo del país, mejoran la movilidad, facilitan la circulación vehicular y conectan el territorio nacional. 11¹²

Intersección vial: Dispositivos viales en los que dos o más carreteras se encuentran ya sea en un mismo nivel o bien en distintos, produciéndose cruces y cambios de trayectorias de los vehículos que por ellos circulan. 11

Espacio Público: Es el conjunto de inmuebles públicos y los elementos arquitectónicos y naturales de los inmuebles privados destinados por naturaleza, usos o afectación a la satisfacción de necesidades urbanas colectivas que trascienden los límites de los intereses individuales de los habitantes. 12

Redes Hidrosanitarias: Son un conjunto de tuberías y conexiones de diferentes diámetros y diferentes materiales para alimentar y distribuir agua dentro de la construcción y drenar desperdicios de la misma. 13¹³

Red Matriz: Es el conjunto de tuberías, accesorios, estructuras y equipos que conducen el agua potable desde las plantas de tratamiento o tanques hasta las redes de distribución local o secundaria. Su diseño, construcción y mantenimiento estará a cargo del prestador del servicio quien deberá recuperar su inversión a través de tarifas de servicios públicos. 14

Red Troncal: Es el conjunto de tuberías y canales que conforma la malla principal de drenajes de aguas residuales y lluvias de una población que conduce las aguas hasta las estaciones de bombeo, plantas de tratamiento o disposición final en cauces naturales. 15

Red Menor: Son el conjunto de tuberías destinadas al suministro en ruta del agua potable a las viviendas y demás establecimientos municipales públicos y privados. (buildingsmart)

Metodología BIM en la construcción: la metodología BIM de acuerdo con la editora académica Tatjana Vilutiene:

¹² Instituto Nacional de INVIAS , “Manual de drenaje para carreteras”, INVIAS, BOGOTA, 2009.

¹³ Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), Norma tecnica colombiana NTC 1500, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), Bogotá D.C., 2004.

“tienen actualmente una serie de deficiencias que dificultan sus procesos e interacciones, disminuyen su productividad, carecen de procesos colaborativos e interconectados, sin incluir las metodologías de trabajo actuales como el modelado de información de edificios (BIM). La metodología BIM busca integrar procesos y profesionales involucrados en tareas de ingeniería trabajando en plataformas con modelos virtuales 3D coordinados e inteligentes. BIM tiene un gran potencial para las empresas de ingeniería estructural (SEC) y resuelve sus problemas más destacados.” 16¹⁴

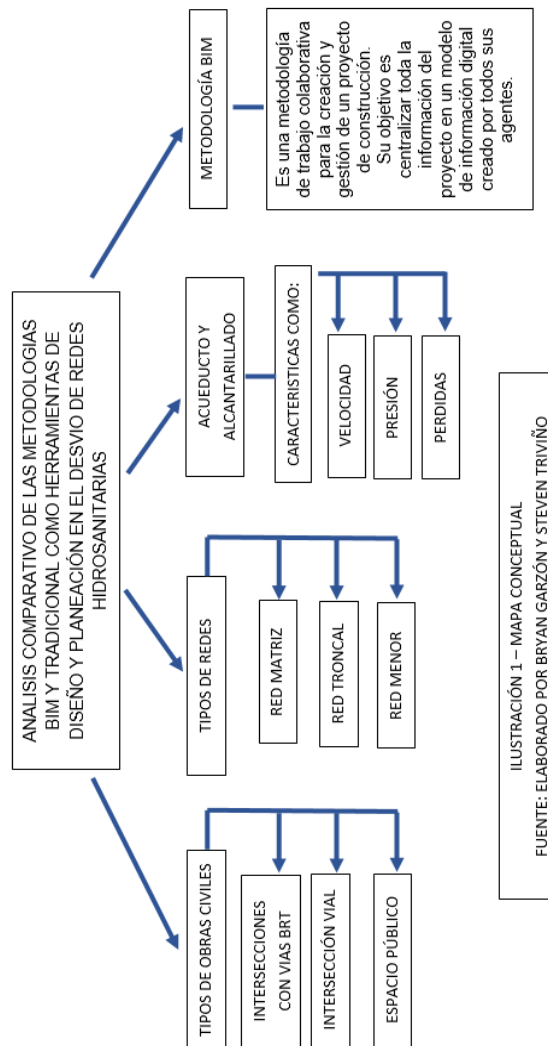
Las herramientas con las que cuenta la tecnología BIM tienen la característica de administrar datos para la creación de un modelo en diferentes fases de forma ordenada. Las ventajas de la metodología BIM es controlar los posibles costos y tiempos de más que pueden ocurrir después de la fecha en la que se predetermino que terminaría el proyecto. La unificación de las diferentes actividades y de manera virtual es la capacidad de esta nueva tecnología que se está aplicando alrededor de varios años en la ingeniería civil

La diferencia entre el sistema convencional y la metodología BIM es que la forma en la que se modelaban las ideas para todo tipo de obra civil era en papel y al pasar el tiempo y la tecnología el cambio se realizó a computadoras, pero aun así seguía existiendo vacíos en la planificación y ejecución de proyectos de construcción afirmando que el material que aporta la metodología convencional sigue siendo individuales a pesar de que el proyecto es una entidad unitaria. Como la metodología BIM está solucionando los vacíos del método que se opera anterior a este. Esta nueva metodología unifica los modelos en una sola idea, siendo fácil de trabajar revisar e identificar errores. 17

¹⁴F. Muñoz La - Rivera, J. C. Vielma, R. Herrera y J. Carvallo, "Metodología de modelado de la información para la construcción (BIM) implementación en compañías de ingeniería estructural (SECs)", HIMDAWI, Santiago, 2018.

6.2 MARCO CONCEPTUAL.

Figura 1. Mapa de conceptos



Fuente. Los autores

Este cuadro conceptual busca mostrar los conceptos más importantes que se presentarán en el presente trabajo de investigación clasificando las categorías y proyectos que se piensan ejecutar.

6.3 MACO LEGAL

En la tabla No se presenta el compilado de las principales normas, resoluciones y reglamentos técnicos aplicadas al desarrollo del presente trabajo.

Tabla 1. Marco normativo

Norma	Contenido
Constitución política de Colombia	Normas de normas, marco regulatorio de derecho y deberes, con el fin de fortalecer la unidad de la nación y asegurar a sus integrantes la vida, la convivencia, el trabajo, la justicia, la igualdad, el conocimiento, la libertad y la paz, dentro de un marco jurídico, democrático y participativo que garantice un orden político, económico y social justo, y comprometido a impulsar la integración de la comunidad latinoamericana. 18 ¹⁵
Resolución 0330 del 8 de junio del 2017	Resolución en la cual se adopta el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico – RAS, referenciado en la constitución política como el artículo 78 que dispone como “la ley de regularidad de control y calidad de bienes y servicios ofrecidos y prestados a la comunidad” 12 ¹⁶

¹⁵ República de Colombia, *Constitución Política de Colombia*, Colombia: Republica de Colombia, 1991.

¹⁶ Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, *RESOLUCIÓN 0330*, República de Colombia: Constitución Política, 17 de junio del 2017.

Continúa Tabla 1.

Norma técnica NS-033 Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá	“Esta norma establece los parámetros y condiciones básicas que se deben cumplir en la elaboración y presentación de diseño de redes matrices del sistema de abastecimiento de agua.” 14 ¹⁷
Norma técnica NS-036 Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.	“Esta norma establece los parámetros, criterios y condiciones básicas que se deben tener en cuenta en la elaboración de y presentación de diseños para redes secundarias de distribución y abastecimiento de agua.” 15 ¹⁸

Fuente. Los autores

¹⁷ Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB, *CRITERIOS PARA DISEÑO DE RED MATRIZ*, Bogotá: EAAB, 2005.

¹⁸ EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ, *CRITERIOS PARA DISEÑO DE RED DE ACUEDUCTO SECUNDARIA*, Bogotá: EAAB, 2006.

6.4 ESTADO DEL ARTE.

El desarrollo de las obras de ingeniería civil en Colombia se ha caracterizado por realizarse de forma convencional con el manejo de planimetría 2D y esquemas básicos de redes hidrosanitarias con poco nivel de detalle, son innumerables los casos donde se presentan diseños de redes hidrosanitarias que en su etapa de construcción no concuerdan al diseño, puesto que se cuenta con poco nivel de detalle para la solución de los inconvenientes que se puedan presentar.

En los modelos convencionales se diseñan o modifican las redes hidrosanitarias sin tener en cuenta el mantenimiento de la obra, evidenciándose en los últimos tiempos que los costos de operación y mantenimiento representan un 80% de los costos totales de la vida útil de las redes hidrosanitarias y solo un 20% corresponde a diseño y construcción. [6]De ahí que, es a partir del manejo convencional en donde se presentan inconsistencias a la hora de coordinar e identificar las diferentes redes hidrosanitarias (Red matriz, Red troncal y Redes menores), siendo el sobre costo el tema más importante de cada proyecto debido a la corrección o modificación de estas redes, teniendo como base diseños en 2D con programaciones que no están tan allegadas a la realidad.

En respuesta a lo anterior, el modelado de información para la construcción o tecnología BIM (Building Information Modelling) se presenta en el desarrollo de proyectos actuales para mitigar las necesidades de digitalización en estos proyectos buscando centralizar todas las etapas de un proyecto de manera virtual. Este método colaborativo, permite un correcto enfoque sobre importantes cuestiones como vínculos urbanísticos, costes de construcción, de mantenimiento y eficiencia energética. 19¹⁹

El desarrollo de las diferentes etapas de los diferentes tipos de proyectos de obras civiles necesita un nivel de detalle en la etapa de planeación y diseño para un mejor entendimiento en la etapa de construcción y mantenimiento, buscando garantizar la optimización y mitigación de inconvenientes que se presentan comúnmente en el desarrollo de cada proyecto.

La tecnología BIM es un conjunto de metodologías, tecnologías y estándares colaborativos de trabajo que centraliza toda la información relacionada al proyecto que se piensa ejecutar, dando vida a un modelo 3D integral de donde se podrá

¹⁹ Hiberus Tecnología, «Hiberus Blog,» 15 08 2019. Tomado de: <https://www.hiberus.com/crecemos-contigo/que-es-bim-construccion/>.

elaborar información de manera técnica y detallada de cada etapa del proyecto, generado beneficios en la reducción de costos, reducción de plazos, aumento de productividad, aumento de trazabilidad y transparencia y mejorando la calidad de entregables con un nivel de detalla más alto.

Este modelo único compartido es controlado por todos los profesionales involucrados en el proyecto que aportan datos e información. De esta forma, se reduce el riesgo de pérdidas de información que puede ocurrir cuando un nuevo profesional o grupo interactúa con el resto del equipo y modifica los datos del proyecto. Además, al gestionar toda la información y los recursos necesarios de un proyecto de obra, representa una base fiable para tomar decisiones importantes durante la oferta, la ejecución o el mantenimiento del edificio. 4

El desarrollo de cualquier diseño busca garantizar que el proyecto sea eficiente en cualquiera de sus etapas y que cumpla a cabalidad con las normativas vigentes garantizando que las decisiones que se tomen en cada una de las etapas estén enfocadas a la optimización de costos y a la mitigación de inconvenientes.

En Bogotá D.C. todas las construcciones que contengan diseños o modificaciones de redes hidrosanitarias deben cumplir completamente con las normas y decretos vigentes tales son la Norma Técnica Colombiana NTC 1500 13, Código Colombiano de Fontanería y el RAS 2000 Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico [12]; estas mismas construcciones y modificaciones deberán ser avaladas por la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá D.C.

La complejidad de los proyectos de edificaciones actualmente es cada vez mayor, con una gran variedad de instalaciones, materiales, insumos, y procedimientos que exigen la aplicación no solo de herramientas eficaces de gestión y planificación en la construcción, sino también de una adecuada revisión, y retroalimentación del diseño del proyecto por las diferentes especialidades, antes de llegar a la etapa de construcción. Sin embargo, en la mayoría de los proyectos, el diseño pasa a la fase de construcción con un diseño no optimizado y con interferencias entre especialidades, obligando a las constructoras a Diseños Hidrosanitarios Bajo Metodología BIM Para Proyectos de Construcción asumir la tarea de revisar y rectificar el diseño, y lo que es más crítico es que esta revisión se da muchas veces en la fase de construcción del proyecto, lo cual puede generar grandes sobrecostos

y reprocesos, si estos errores no son detectados a tiempo utilizando las herramientas adecuadas. 20²⁰

La tecnología BIM en los diseños y modificaciones de las redes hidrosanitarias nos brinda la posibilidad de visualizar el proyecto a desarrollar de manera virtual y encontrar interferencias y conflictos de las diferentes tuberías que componen el sistema hidrosanitario, en una etapa temprana donde pueden ser corregidas sin generar grandes sobrecostos en la etapa de construcción y mantenimiento, gracias al nivel de detalle manejado.

²⁰ J. TOABADA, “Detección de Interferencias e incompatibilidades en el diseño de proyectos de edificaciones usando tecnologías BIM”, 2011.

7 MARCO METODOLÓGICO

En este proyecto se ha definido para la recolección de la información el enfoque de investigación cualitativo y cuantitativo o como se conoce como el método mixto, ya que este “Logra una perspectiva más amplia y profunda del fenómeno. Nuestra percepción de éste resulta más integral, completa y holística” 21²¹

Para la realización del presente documento el grupo de profesionales que intervino, llevo a cabo la recolección, estudio, análisis y procedimientos de acuerdo al desarrollo de la siguiente metodología:

Se realizo la investigación de tres espacios con diferentes características para que fueran el modelo para el desvío de redes y se genera un modelo de estructura para que sea la causa del desvío de redes y se identifica la configuración de redes hidrosanitarias. Los espacios donde se van a trabajar son seleccionados de Bogotá por el fácil acceso de las redes existentes que ofrece el GEO mapa del acueducto de Bogotá.

7.1 ESTRUCTURA METODOLÓGICA PRINCIPAL

Debido al enfoque de esta investigación, la metodología será en forma ordenada con relación al proceso de las fases por la invariabilidad y características propias del trabajo.

En la tabla 2, se describe la metodología mediante una matriz, que relaciona las fases con objetivos y actividades y herramientas:

Tabla 2. Estructura metodológica principal

<i>Fase</i>	<i>Objetivo específico</i>	<i>Actividades de los objetivos</i>	<i>Actividades de los objetivos</i>
1			

²¹ R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado y P. Baptista Lucio, METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN, México D.F.: MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, 2014.

Continua Tabla 2.

	desplazamientos de redes hidrosanitarias en la planeación y diseño de obras de ingeniería civil.	Clasificación de redes Elaboración de propuestas	Investigación de redes existentes Realización de planos en AutoCAD
2	Identificar el procedimiento de la metodología BIM aplicado al desarrollo de desplazamientos de redes hidrosanitarias en la planeación y diseño de obras de ingeniería civil.	Análisis de los dos métodos	Por medio de trazabilidades de tiempo analizar cual se hizo en el menor tiempo
3	Comparar los aspectos importantes de las metodologías tradicional y BIM para el desarrollo de desplazamientos de redes hidrosanitarias en la planeación y diseño de obras de ingeniería civil.	Análisis de los dos métodos	Por medio de trazabilidades de tiempo analizar cual se hizo en el menor tiempo

Continúa tabla 2.

4	Identificar la metodología óptima que permita mejorar las etapas de planeación y diseño de un proyecto de ingeniería civil.	Análisis de los dos métodos	Por medio de análisis de salida gráfica referente a la calidad visual y al tiempo que se elaboró cada método seleccionar un método óptimo
---	---	-----------------------------	---

Fuente. Los autores

7.2 DESCRIPCIÓN DE INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS

Para recolectar la información de este trabajo se realizaron investigaciones de las redes existentes de acueducto y alcantarillado a trabajar de los tres modelos seleccionados.

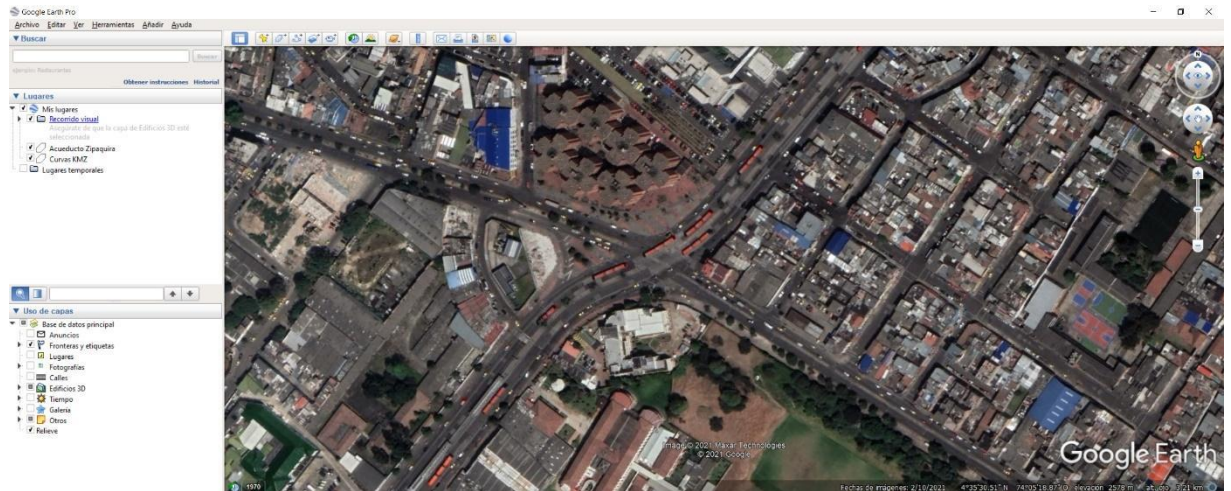
7.2.1 Fase 1

En esta fase se busca obtener tres espacios de diferentes características donde se puedan aplicar como modelos para el desvío de redes hidrosanitarias. Se realiza una investigación de espacios donde tengan un puente vehicular, una intersección BRT y un espacio público. Para parte de esta etapa se utiliza:

Herramientas Graficas

Google Earth

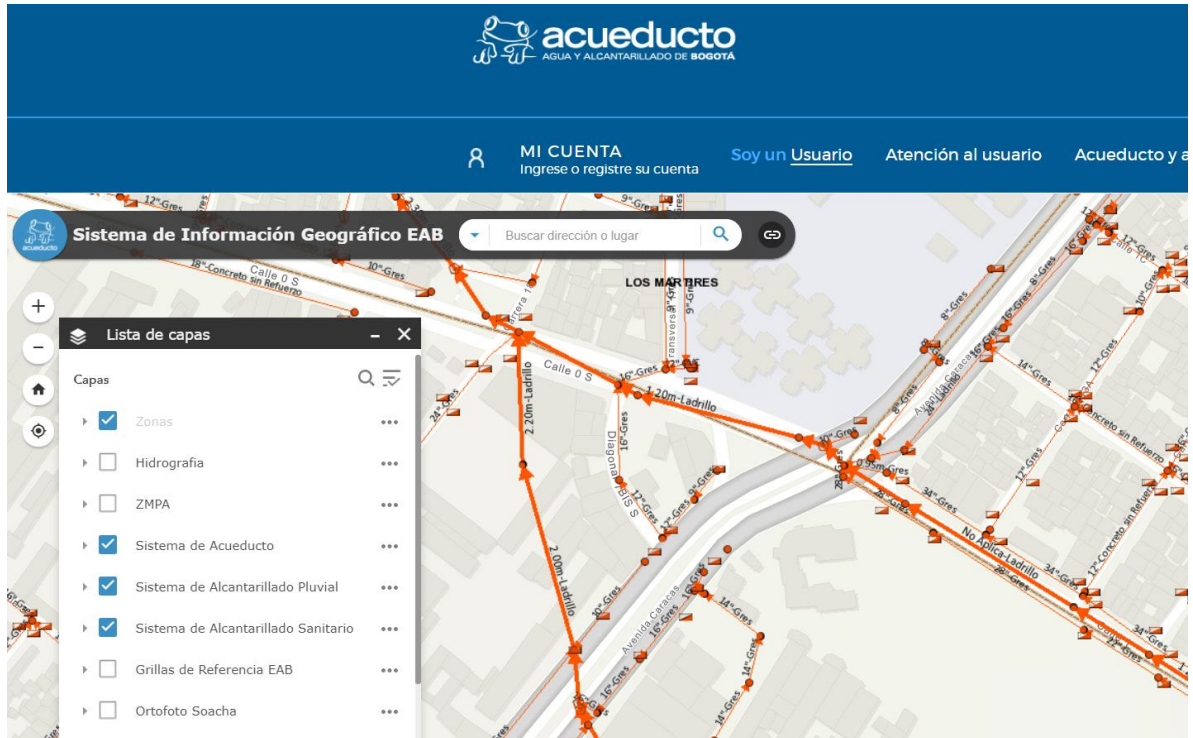
Figura 2. Intersección BRT



Fuente. Software Google Earth

Mapa ArcGIS de la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá

Figura 3. Mapa de información ArcGIS



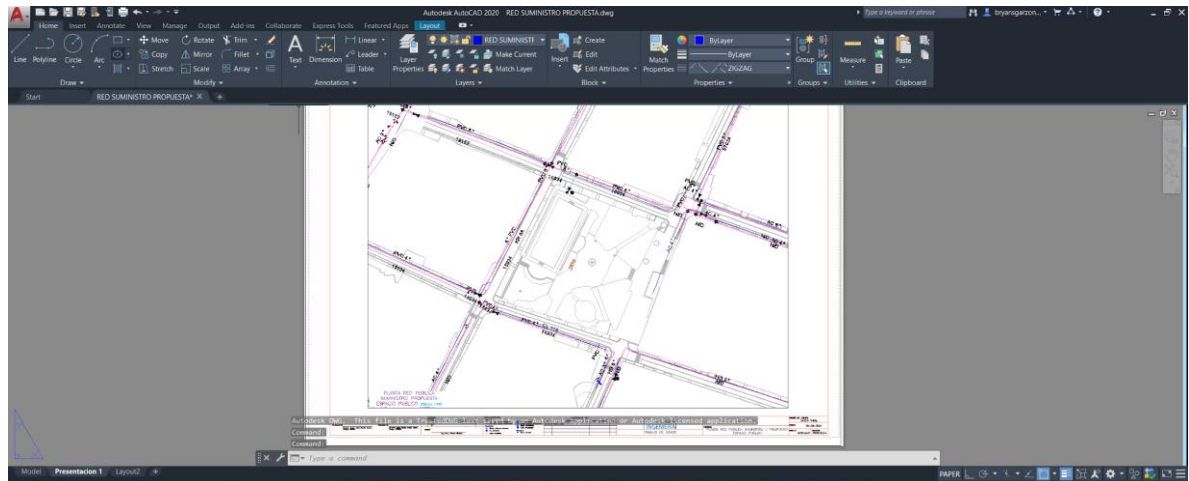
Fuente. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá

Después de recopilar la información disponible relacionada con los sitios que servirán de modelo y con los datos obtenidos del mapa ArcGIS de las redes hidrosanitarias del portal web de la empresa de Acueducto de Bogotá y con las herramientas que se utilizan para la metodología convencional, el ultimo paso de la fase 1 para dar inicio a la siguiente fase es la elaboración de los planos la herramienta que se utilizan para dar fin a esta etapa es:

Herramientas Graficas

Software de diseño AutoCAD

Figura 4. Software de diseño AutoCAD



Fuente. Los Autores

para así dar al cumplimiento a uno de los objetivos propuestos en la fase 1 y con la información recolectada de las redes hidrosanitarias se toma como software de diseño el AutoCAD 2020 como herramienta para la elaboración de los diferentes tipos de planos para la metodología convencional aplicado al desarrollo de desplazamientos de redes hidrosanitarias en la planeación y diseño de obras de ingeniería civil. Todo esto a partir de fuentes en línea, y documentos suministrados por la Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá D.C: – EAAB.

7.2.2 Fase 2:

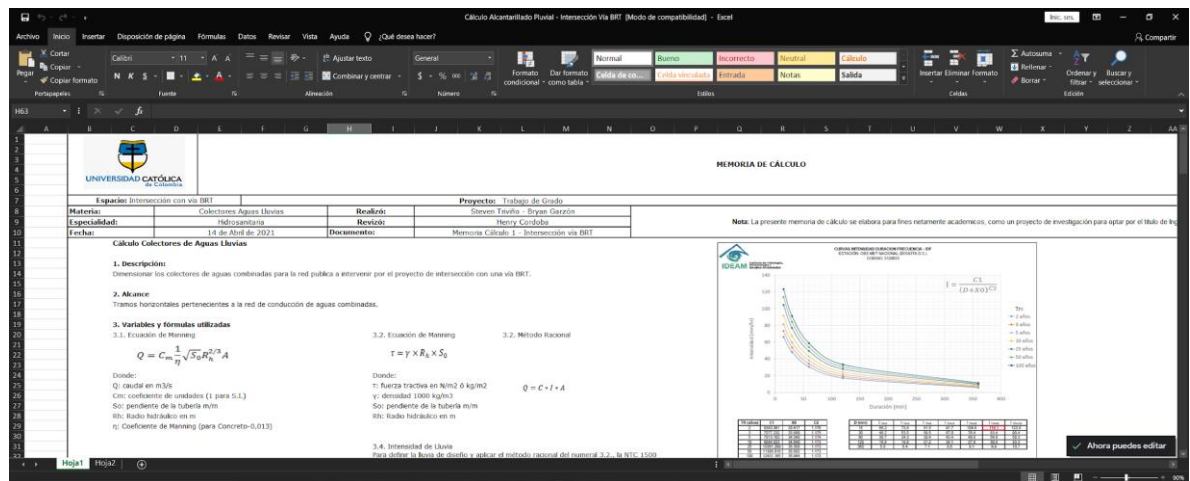
En esta fase se busca realizar los cálculos de los desvíos realizados en los planos de redes de alcantarillados y acueducto para garantizar que el sistema no colapse y realizar los planos con la metodología BIM. Para la realización de los cálculos hidráulicos se utilizó:

Hojas de cálculo en Excel:

la realización de los cálculos hidráulicos se realiza con referencia de las normas aplicadas en Colombia, como norma principal del reglamento Técnico del sector de agua potable y saneamiento básico – RAS Título D y las normas de apoyo aplicadas a Bogotá que son las normas del Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. Los cálculos se realizan para las redes alcantarillado teniendo en cuenta si son pluviales,

residuales o mixtos. El caudal de diseño de acueducto o suministro según lo establece el artículo 37 de la resolución 033 de 8 de junio de 2017 el caudal de diseño de máximo horario (QMH) dado que para las redes de suministro investigadas no se cuenta con una modelación hidráulica de toda la red del sector y no es posible tener una caudal en todos los nodos de la red que está trabajando y una de las opciones para el sistema de suministro es trabajar con los mismos diámetros.

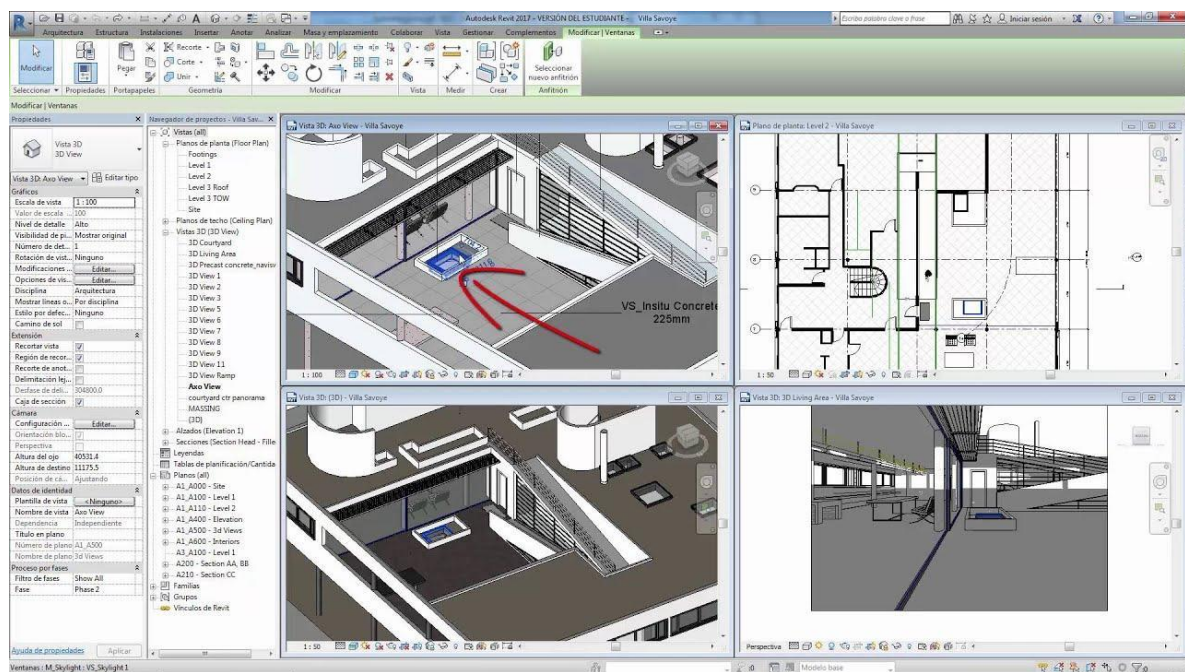
Figura 5. Hojas de cálculo en Excel para el cálculo hidráulico (Fuente del autor)



Fuente. Los Autores

Después del funcionamiento de todos los calculo hidráulicos de las redes de alcantarillado y suministro el siguiente procedimiento es realizar los mismos planos por metodología BIM para así obtener un resultado cuantitativo en tiempo y conocer que sistema de metodología es óptima para el traslado de redes y como herramientas a utilizar en la metodología BIM es:

Figura 6. Software de diseño REVIT



Fuente. Autodesk

Software de diseño BIM:

7.2.3 Fase 3:

Identificar las características de la metodología convencional y BIM:

En esta fase se procederá a comparar las características de cada metodología convencional y BIM, identificando las cualidades que ayudan a garantizar la mitigación de los déficits en tiempo que se ejecutan en el desplazamiento de redes hidrosanitarias para la planeación y diseño de obras de ingeniería civil, para así dar al cumplimiento a uno de los objetivos propuestos. En este orden de ideas la información se refiere a:

Figura 7. Software de diseño REVIT y AutoCAD



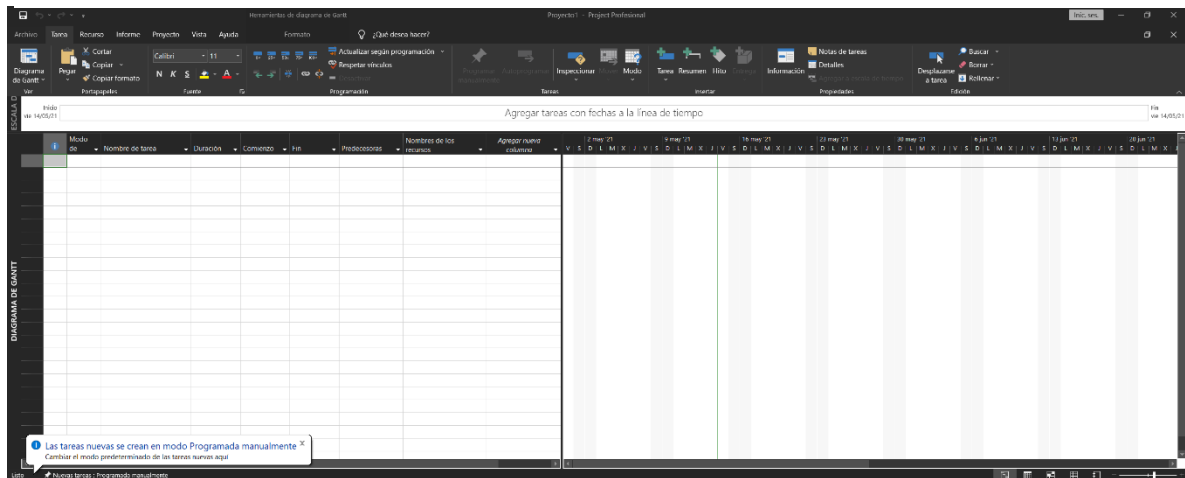
Fuente. (Fuente Autodesk)

7.2.4 Fase 4:

Identificación de ventajas y desventajas de cada metodología para los movimientos de redes hidrosanitarias en obras de ingeniería civil:

En esta fase se procederá a realizar la identificación de las ventajas y desventajas de cada una de las metodologías convencional y BIM para el movimiento de redes hidrosanitarias en la planeación y diseño de obras de ingeniería civil, para así poder obtener conclusiones al objetivo de la fase 3. En este orden de ideas las herramientas para la identificación de las ventajas y desventajas de estas dos metodologías son:

Figura 8. Software de administrador de Proyectos.



Fuente Microsoft Project

- Microsoft Project (software de administración de proyectos)
- Análisis externo: Esta revisión permite comparar el material realizado en la investigación con las metodologías que se están trabajando actualmente.
- Análisis interno: procurando destacar las características fundamentales. La crítica interna se centra en una interpretación personal y subjetiva, en la intención e intuición del investigador.

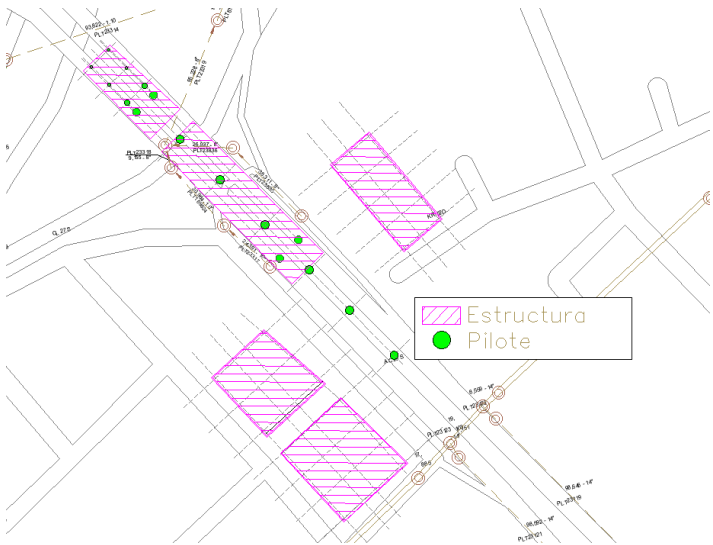
8 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Para iniciar el análisis comparativo de la metodología tradicional y BIM, fue necesario determinar tres espacios con redes existentes donde cumplen con características diferentes para así tener un nivel de complejidad en cada modelo, la ubicación donde se seleccionó los modelos es en Bogotá, por la información presentada por la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) en su página web.

8.1 IMPLEMENTACIÓN DE ESTRUCTURA MODELO

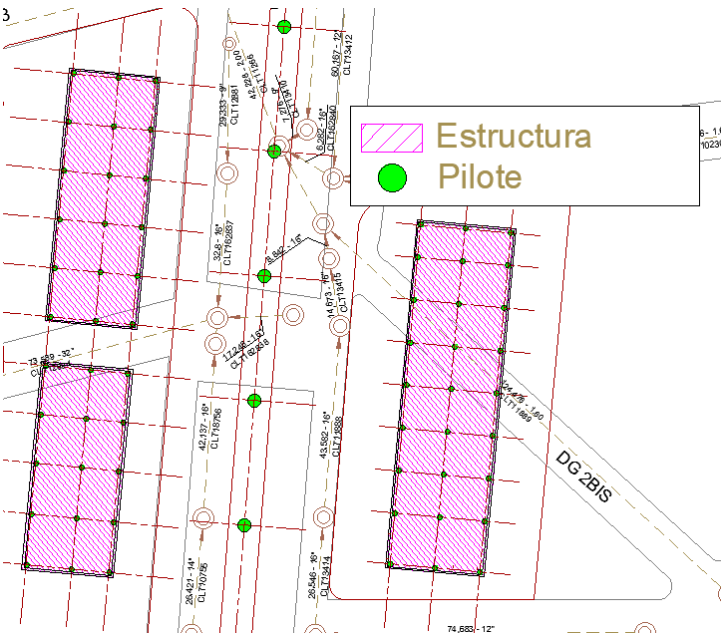
Para el desarrollo de esta fase fue necesario realizar un modelo de estructura como si fuera una construcción en situ en los modelos que se escogieron, este modelo de estructura tiene una similitud de una estación de bus o metro elevado de una vía BRT para poder realizar un cruce con las redes hidrosanitarias, que es lo que normalmente se presenta en las obras civiles urbanas y así poder aplicar las normas RAS y de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) para garantizar el desvío de redes hidrosanitarias. En el espacio publico no se presenta ningún tipo de implantación de estructura porque las son vías terciarias y una de los desvíos en ese modelo se realiza porque las redes se encuentran en posiciones donde no cumplen con las normas constructivas de la Empresa de Alcantarillado de Bogotá. A continuación, se presentan los modelos de estructura que se implantaron en los modelos del puente vehicular y la intersección BRT.

Figura 9. Modelo de estructura en la intersección puente vehicular



Fuente. Los autores

Figura 10. Modelo de estructura en la intersección



Fuente. Los autores

8.1 ESPACIO PUBLICO:

Este modelo se encuentra localizado en la ciudad de Bogotá en la localidad de Usaquén, entre las calles 119 y 116 con carrera 7 y carrera 5. Esta zona se trabaja por las recientes modificaciones urbanísticas realizadas en la actualización de andenes generando desplazamientos en las redes existentes bajo criterio de norma.

Figura 11. Espacio Público Usaquén



Fuente. Google Earth

8.2 PUENTE VEHICULAR:

Este modelo se encuentra localizado en la ciudad de Bogotá sobre la carrera 68 con avenida primera de mayo. Esta zona se trabaja por la futura intervención que se realizara debido a la incorporación de una de las estaciones del metro de Bogotá, en donde se generara la implantación de una estructura que afectara en diseño urbanístico de la zona generando la necesidad del desplazamiento de las redes existentes bajo criterio de norma.

Figura 12. Puente vehicular (Fuente Google Earth)

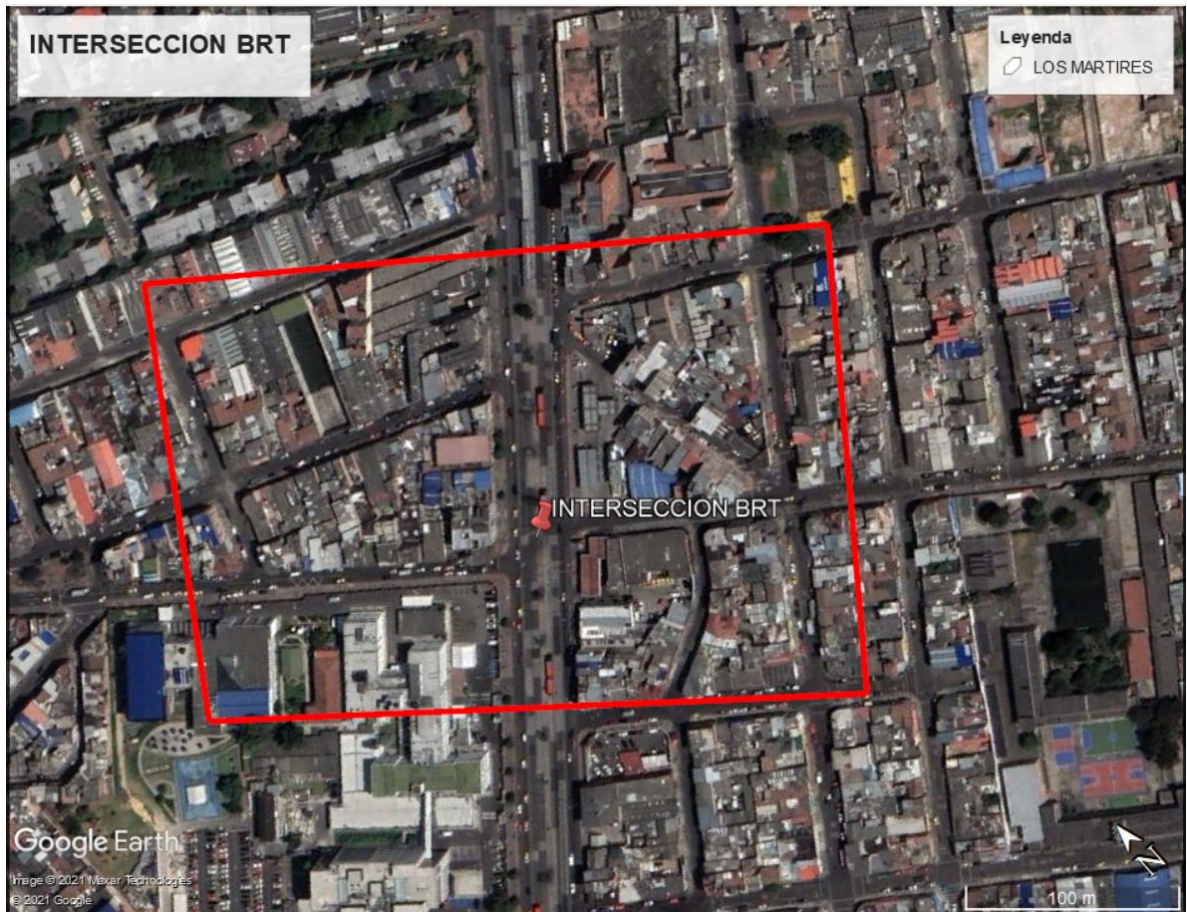


Fuente. Google Earth

8.3 INTERSECCIÓN CON BRT:

Este modelo se encuentra localizado en la ciudad de Bogotá sobre la avenida Caracas entre la calle 2 y la calle 4. Esta zona se trabaja por la futura implantación de la estación de transporte masivo donde se prestará el servicio de Transmilenio y el Metro, la implantación de esta estructura cambiará el diseño urbanístico de la zona generando la necesidad del desplazamiento y modificación de las redes existentes bajo criterio de norma.

Figura 13. Intersección BRT (Fuente Google Earth)



Fuente. Google Earth

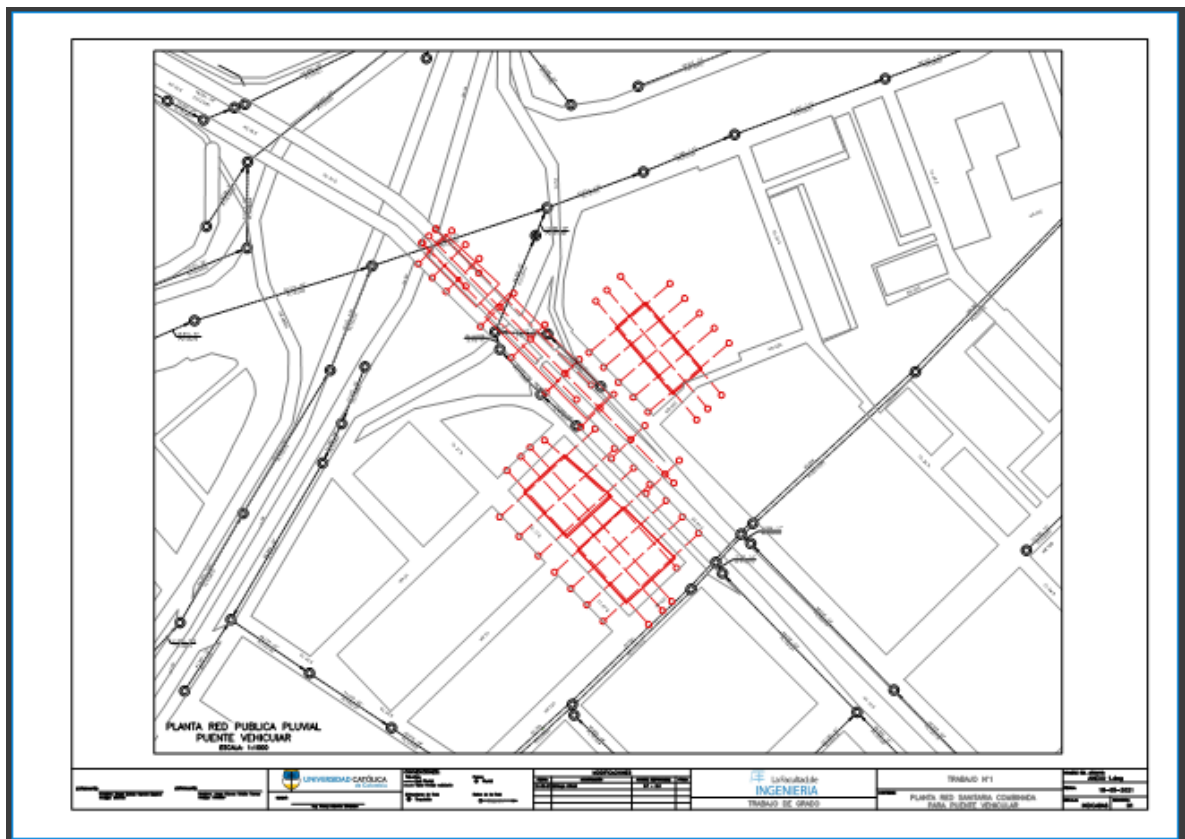
8.4 REDES HIDROSANITARIAS

Para el desarrollo de los tres diferentes modelos de estudio se plantean tres maneras de identificación para las redes que se vean afectadas por las modificaciones propuestas a futuro y su solución; las formas de identificación son las siguientes:

8.4.1 Redes Existentes:

Son las redes que se identifican actualmente en la zona con una distribución actual, sin presentar la implantación de los nuevos proyectos.

Figura 14. Plano red existente

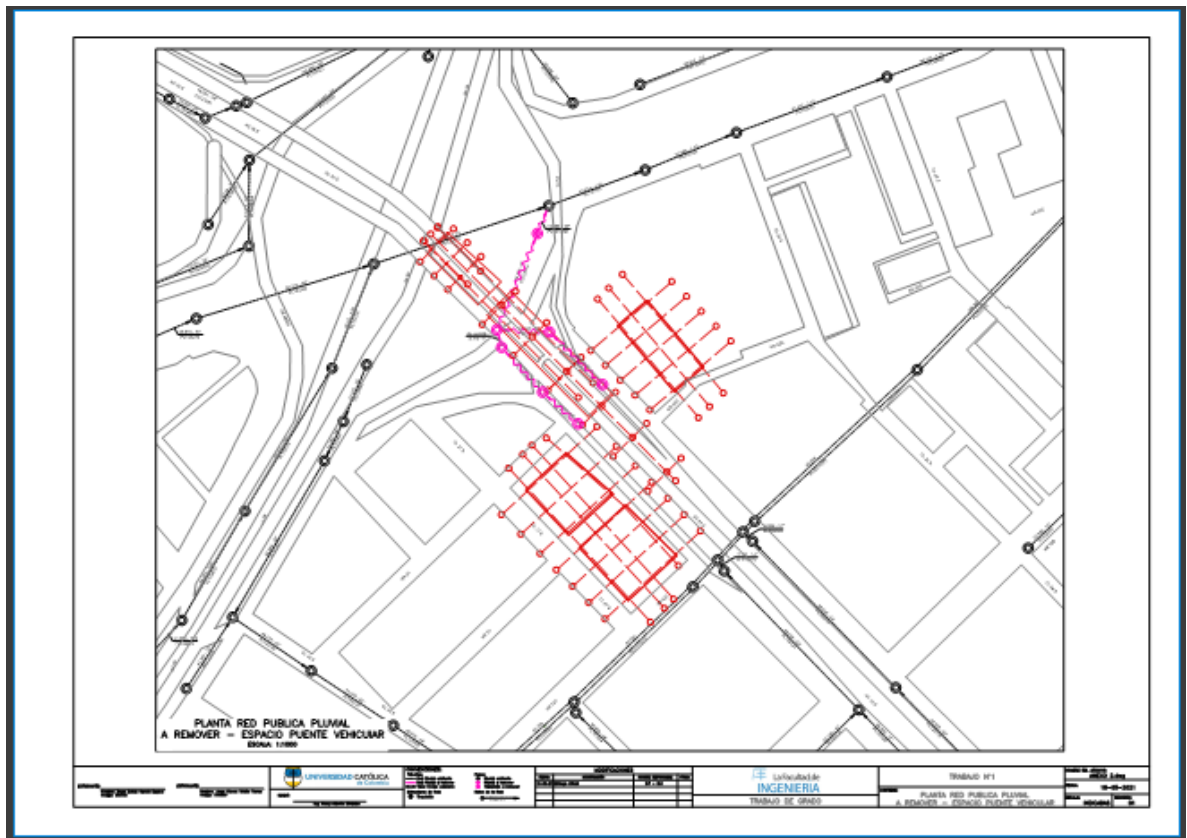


Fuente. Los autores

8.4.2 Redes Existentes a Desmontar:

Son las redes actualmente presentes en la zona y que deben ser removidas o trasladadas por el cruce que presentan con la implantación del proyecto a futuro.

Figura 15. Plano red por desmontar

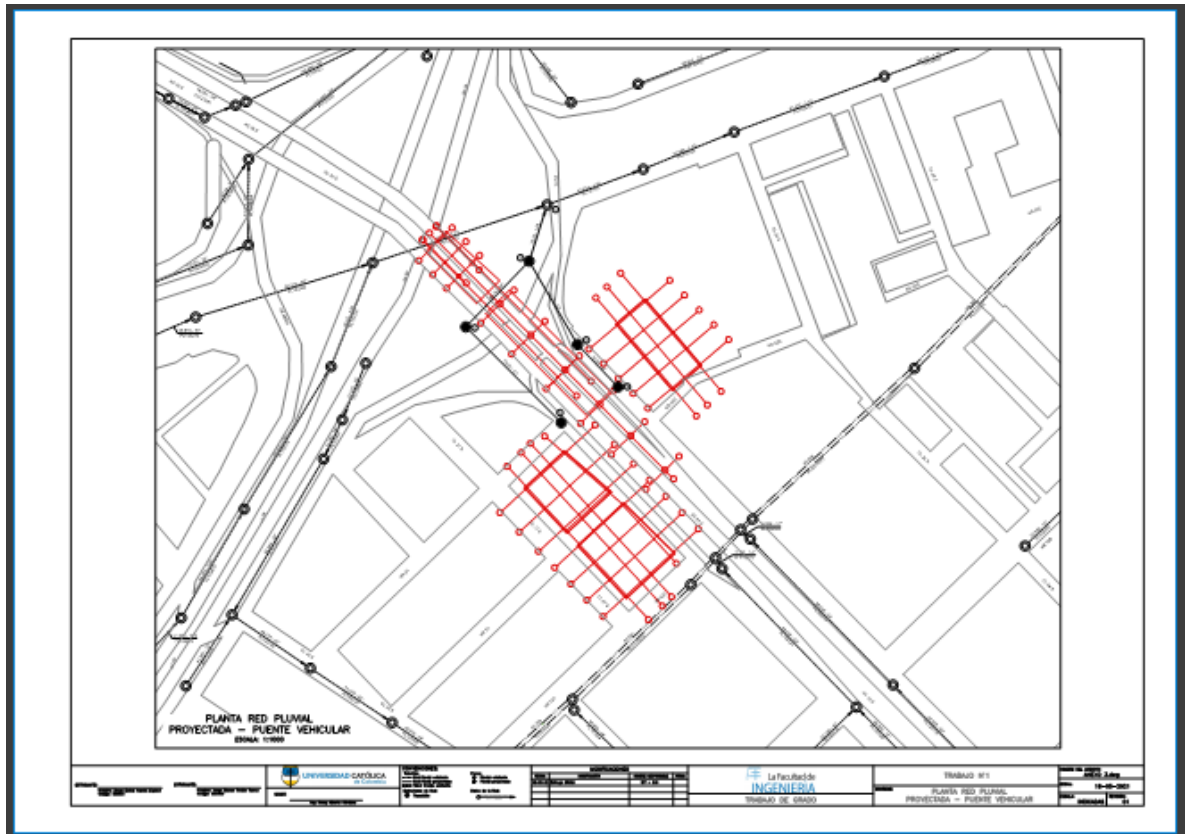


Fuente. Los autores

8.4.3 Redes Propuestas:

Son las redes proyectadas que dan solución al cruce que presentan con la implantación del nuevo proyecto cumpliendo con los parámetros estipulados en la norma.

Figura 16. Plano propuesta de desvío de red



Fuente. Los autores

Nota: los procedimientos anterior mente descritos se realizan para las tres redes hidrosanitarias identificadas (Pluvial, Sanitario y Suministro)

8.4 INVESTIGACIÓN Y ELABORACIÓN DE PLANOS DE REDES HIDROSANITARIAS:

Para cada uno de los modelos fue necesario reconocer el contexto urbano de cada zona, las redes existentes y futuras implantaciones.

El procedimiento desarrollado con esta información para cada uno de los modelos se presenta a continuación.

Tabla 3. Metodología tradicional y BIM

<i>Etapas de la metodología</i>	<i>Pasos AutoCAD y BIM</i>	<i>Observaciones</i>	<i>Material realizado</i>	<i>Tiempo de elaboración (horas)</i>
a. Planos iniciales y redes existentes en AutoCAD	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dibujar estructura de modelo 2. Dibujar las redes sanitarias, pluviales y de suministro de la información presentada por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) 3. Definir tipos de cruces de redes con la estructura de modelo implantada en el plano de red existente 	De acuerdo a los datos de las redes de alcantarillado obtenidas de la información de la EAAB se evidencia que se deben hacer desvíos hidrosanitarios	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ver figura 9 2. Ver Anexo 10. Plano red sanitaria existente espacio público. 3. Ver anexo 13. Plano red de suministro existente espacio público. 4. Ver anexo 1. Red pluvial existen puente vehicular 5. Ver anexo 4. Red sanitaria existente puente vehicular. 6. Ver anexo 7. Red de suministro existente puente vehicular 7. Ver anexo 16. Red sanitaria existente intersección BRT 8. Ver anexo 19. Red de suministro existente intersección BRT 	350

Continúa Tabla 3.

b. Planos AutoCAD de redes a desmontar y Propuesta	<ol style="list-style-type: none"> 1. Resaltar las redes que necesitan desvíó o desmonte que estén interceptando con el modelo de estructura. 2. Dibujar la propuesta de las redes desviadas o desmontadas 	Después de la investigación de las redes por desviar o desmontar, se realizan los planos de con las redes a desmontar.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ver anexo 11. Plano red Pluvial a desmontar 2. Ver anexo 14. Plano red suministro a desmontar. 	300
c. Revisión	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cálculos hidráulicos 	Se realizan los cálculos de las redes Alcantarillado y suministro de acuerdo a las normas.		200
d. Desarrollo gráfico y modelado en Revit BIM	<ol style="list-style-type: none"> 1. Importar los archivos de AutoCAD a Revit 	Los planos realizados en AutoCAD se diseñan en metodología	<ol style="list-style-type: none"> 1. Modelo tridimensional 2. 4D programación 3. 5D cantidades de materiales 4. Ver archivo espacio publico 	100
TOTAL, DE HORAS				950

Fuente. Los autores

8.5 RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS HIDRÁULICOS Y ELABORACIÓN DE PLANOS DE REDES HIDROSANITARIAS.

Después de la realización de los planos de las redes hidrosanitarias existentes, redes hidrosanitarias por desmontar y los planos de propuesta de redes hidrosanitarias, se realiza los cálculos hidráulicos de las redes propuestas para que cumplan con los parámetros y condiciones básicas que se deben cumplir en la elaboración de diseños de redes de alcantarillado y acueducto. A continuación, se realiza los cálculos que se realizan para los cálculos de este proyecto.

8.5.1 Calculo de redes acueducto

8.5.1.1 Caudal de diseño de acueducto

Según lo establece el artículo 47 de la resolución 0330 del 8 de junio de 2017, el caudal de diseño, para las redes de acueducto es el caudal máximo horario (QMH). Basados en este artículo se mantienen los diámetros existentes para el buen desarrollo de la ingeniería.

8.5.1.2 Presiones de diseño en la red de distribución

Según lo establece el artículo 61 de la Resolución 0330 del 8 de junio de 2017, la presión dinámica mínima en las redes de distribución para poblaciones de más 12500 habitantes, debe ser 15mca. Por otro lado, con respecto a la presión estática máxima, según el artículo 62 de la Resolución 0330 del 8 de junio de 2017, debe ser 50mca. Estas presiones deben ser validadas y verificadas en el momento de la construcción.

8.5.1.3 Velocidad de la red de acueducto

Según lo establece el artículo 56 de la Resolución 0330 del 8 de junio de 2017, la velocidad mínima en las redes de distribución debe ser 0.50m/s. La velocidad máxima no deberá sobrepasar los valores recomendados para el material de tuberías y/o accesorios correspondientes. Estas velocidades deben ser validadas y verificadas en el momento de la construcción.

8.5.1 Calculo de redes de acueducto

Según lo establece el Título D del RAS actualizado en el año 2016 numeral 3.3.3.1., el cálculo de este caudal se realiza en base a la dotación neta, población y un período de retorno. La ecuación que se utiliza es la siguiente:

$$QD = CR \times Dneta \times A$$

Dónde:

QD = Caudal de aguas residuales domésticas (L/s).

CR = Coeficiente de retorno (adimensional).

A = Área tributaria de drenaje (ha).

D_{neta} = Demanda neta de agua potable por unidad de área tributaria (L/s.ha).

El coeficiente de retorno, según lo establece el artículo 134 de la Resolución 0330 del 8 de junio de 2017, es de 0.85.

8.5.1.1 CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES POR CONEXIONES ERRADAS (QCE)

Según lo establece el artículo 134 de la Resolución 0330 del 8 de junio de 2017, los aportes por conexiones erradas deben estimarse a partir de la información de existente en la localidad. En ausencia de esta información, se deberá utilizar un valor máximo de 0.2L/s. Ha.

8.5.1.2 CAUDALES POR INFILTRACIÓN (QINF)

Según lo establece el artículo 134 de la Resolución 0330 del 8 de junio de 2017, el caudal de infiltración debe estimarse a partir aforos del sistema. En ausencia de ésta información, se deberá utilizar un factor entre de 0.1 y 0.3 L/s.Ha, de acuerdo con las características topográficas y del suelo.

8.5.1.3 CAUDAL MEDIO DIARIO DE AGUAS RESIDUALES (QMD)

Según lo establece el Título D del RAS actualizado en el año 2016 numeral 3.3.4., el caudal medio diario de aguas residuales en un tramo en la suma del doméstico, industrial, comercial e institucional. Como se especificó anteriormente, el proyecto solo cuenta con caudal doméstico, por lo tanto:

$$QMD = QD$$

Dónde:

QD = Caudal de aguas residuales domésticas (L/s).

QMD = Caudal medio de aguas residuales domésticas (L/s).

8.4.1.4 CAUDAL MÁXIMO HORARIO FINAL (QMH)

Según lo establece el Título D del RAS actualizado en el año 2016 numeral 3.3.5., el caudal máximo horario final del período de diseño es la mayoración del caudal medio de aguas residuales, como se muestra a continuación:

$$QMH = F \times QMD$$

Dónde:

QMH = Caudal máximo horario final (L/s).

QMD = Caudal medio de aguas residuales domésticas (L/s).

F = factor de mayoración (adimensional).

8.4.1.5 CAUDAL DE DISEÑO (QDT)

Según lo establece el Título D del RAS actualizado en el año 2016 numeral 3.3.6. El valor mínimo del caudal de diseño en cada tramo no podrá ser inferior a 1.50 L/s, el caudal de diseño de cada tramo de la red se obtiene de la siguiente ecuación:

$$QDT = QMH + QINF + QCE$$

Donde:

QDT = Caudal de diseño para cada tramo de la red (L/s).

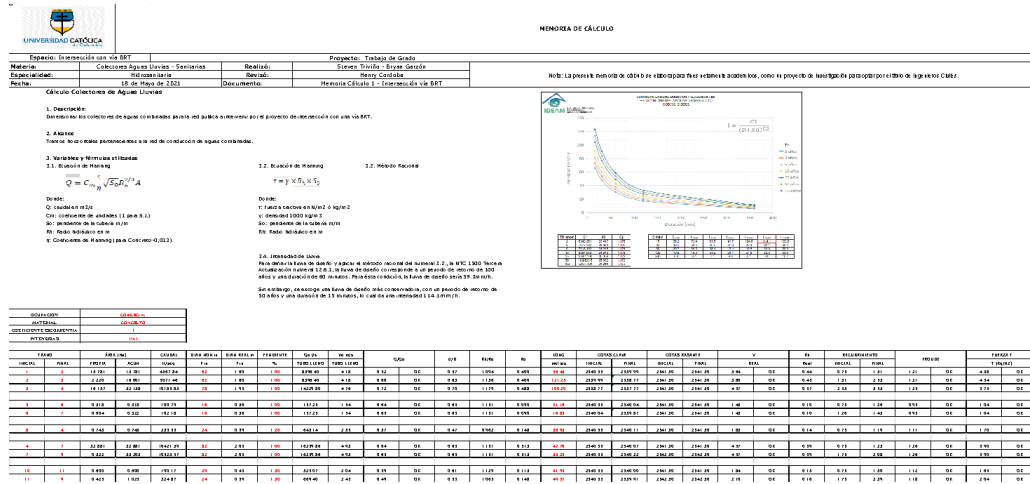
QMH = Caudal máximo horario final (L/s).

QINF = Caudal por infiltración (L/s).

QCE = Caudal por conexiones erradas (L/s).

8.4.2 Cálculo de redes alcantarillado

Figura 17. Cálculo de alcantarillado



Fuente. Los autores

9 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

A continuación, se exponen los análisis encontrados en el trabajo realizado en la comparación de la metodología tradicional AutoCAD con la metodología BIM para los 3 modelos citados anteriormente.

Tabla 4. Análisis de resultados

Metodología Tradicional	Metodología BIM
<p>Genera planimetrías principalmente en 2D.</p> <p>No genera cantidades de materiales.</p> <p>No evidencia niveles de tuberías.</p> <p>No identifica cruces o interferencias en las redes proyectadas.</p> <p>No cuenta con la dimensión real de los elementos proyectados.</p>	<p>Presenta un acercamiento al proyecto real de manera digital generando modelos en la fase 3D.</p> <p>En la fase 4D muestra el proceso de etapas del proyecto, demostrando una visualización más clara del periodo de vida de este mismo.</p> <p>En la fase 5D permite obtener las cantidades de materiales a utilizar o a desmontar.</p>

Continuación tabla 4.

	<p>Maneja elementos parametrizados que permiten conocer sus dimensiones reales.</p> <p>Genera planimetrías con niveles de detalle más altos.</p> <p>Presenta opciones de visualización para asignar, modificar o definir niveles a los elementos evitando generar un cruce o interferencia entre estos.</p> <p>Su interfaz ofrece opciones de caracterización para fases de diseño y opciones anotativas.</p>
--	---

Fuente. Los autores

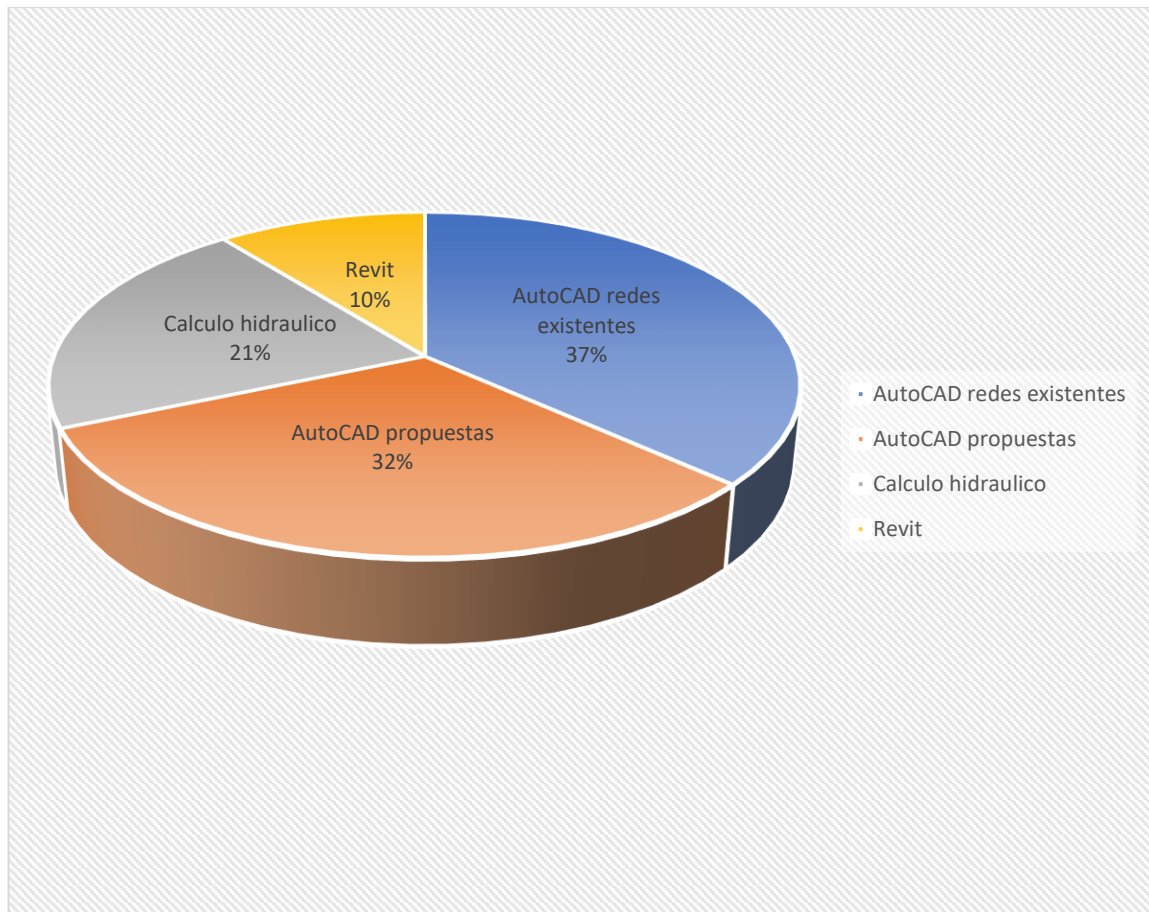
9.1 Metodología Tradicional

- Genera planimetrías principalmente en 2D.
- No genera cantidades de materiales.
- No evidencia niveles de tuberías.
- No identifica cruces o interferencias en las redes proyectadas.
- No cuenta con la dimensión real de los elementos proyectados.

9.2 Metodología BIM

- Presenta un acercamiento al proyecto real de manera digital generando modelos en la fase 3D.
- En la fase 4D muestra el proceso de etapas del proyecto, demostrando una visualización más clara del periodo de vida de este mismo.
- En la fase 5D permite conocer las cantidades de materiales a utilizar o a desmontar.
- Maneja elementos parametrizados que permiten conocer sus dimensiones reales.
- Genera planimetrías con niveles de detalle más altos.
- Presenta opciones de visualización para asignar, modificar o definir niveles a los elementos evitando generar un cruce o interferencia entre estos.
- Su interfaz ofrece opciones de caracterización para fases de diseño y opciones anotativas.

Figura 18. Comparación porcentual de las etapas realizadas en horas trabajadas



Fuente. Los autores

En la figura 18 evidenciamos una distribución porcentual del tiempo total que se tomó para ejecutar el presente trabajo de grado; el total del tiempo fue de 90 días los cuales se ejecutaron de la siguiente manera:

- 34 días que equivalen al 37% fueron destinados a la elaboración de planos del contexto urbano y las redes hidrosanitarias existentes bajo la metodología tradicional.
- 29 días que equivalen al 32% fueron destinados a la elaboración de planos del contexto urbano actualizado por las implantaciones de las futuras

edificaciones e intervenciones viales y las redes hidrosanitarias actualizadas por la incorporación de estas mismas.

- 18 días que equivalen al 21% fueron destinados a la elaboración de los cálculos correspondientes a las modificaciones y desplazamientos de las redes hidrosanitarias, basados en las normas técnicas RAS 2000 y el artículo 61 de la resolución 0330 del 8 de junio de 2017.
- 9 días que equivalen al 10% fueron destinados a la elaboración de los modelos BIM, planimetría de vistas 2D y 3D, elaboración de vistas progresivas o evolución del proyecto en etapas existente, a remover y propuesta, se elabora registro de cantidades para cada una de las etapas.

CONCLUSIONES

Se desarrolla el planteamiento del contexto urbano y redes hidrosanitarias existentes y propuestas, bajo la metodología tradicional obteniendo como resultado una inversión del 37% del tiempo total con resultados limitados con planimetrías 2D.

Se desarrolla el planteamiento del contexto urbano y redes hidrosanitarias existentes y propuestas, bajo la metodología BIM obteniendo como resultado una inversión del 10% del tiempo total con resultados más allegados a una realidad virtual del proyecto con planimetrías 2D, 3D, coordinación de elementos y tablas de cantidades de materiales a retirar y materiales nuevos por cada red trabajada.

Se elabora comparación entre la metodología tradicional y metodología BIM, identificando cuál de las dos metodologías genera mejores resultados en menores tiempos.

Se elaboran cálculos para las redes hidrosanitarias a intervenir y desplazar bajo las normativas RAS 2000 y el artículo 61 de la resolución 0330, identificando caudales, diámetros y pendientes, con una inversión del 21% del tiempo total.

Se identifica la metodología BIM como metodología más eficiente para realizar proyectos de ingeniería en donde se realicen trabajos de desplazamientos o desmontes de redes hidrosanitarias.

La metodología BIM genera una la visualización del proyecto, facilitando el reconocimiento de este mismo e identificando sus diferentes etapas.

Se identifica la centralización de la información en un modelo colaborativo bajo la metodología BIM, teniendo una coordinación evitando el cruce de tuberías de las diferentes redes trabajadas.

Se realiza el análisis cuantitativo y comparativo de los tiempos de ejecución para cada metodología, obteniendo como resultado que la metodología BIM se ejecuta en menor tiempo, teniendo resultados de mejor calidad y mayor información.

RECOMENDACIONES

Se recomienda la implementación de la metodología BIM en los campos laborales de la construcción puesto que esta metodología a nivel teórico y práctico genera mejores garantías para conocer, identificar, elaborar y mitigar errores en menor tiempo que en la metodología tradicional.

Se debe conocer e identificar cada una de las fases de diseño de la construcción virtual del modelo colaborativo a trabajar.

Bibliografía

La Opinión de Zamora S.A, «BIM revoluciona la construcción de edificios,» Prensa Ibérica, 30 05 2018. [En línea]. Available: <https://www.laopiniondezamora.es/infraestructuras-logistica/2018/05/30/bim-revoluciona-construccion-edificios-1065452.html>. [Último acceso: 12 11 2020].

VEEDURÍA DISTRITAL, «LECCIONES APRENDIDAS SOBRE LA CONSTRUCCIÓN DEL DEPRIMIDO DE LA CALLE 94,» VEEDURÍA DISTRITAL, Bogotá, 2017.

Cámara de Comercio de Bogotá Universidad de Los Andes, «Boletín de avance de las obras de Transmilenio fase III.,» Universidad de Los Andes, Bogotá, 2009.

Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, «AJUSTES, ACTUALIZACIÓN Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.,» Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, Bogotá D.C, 2020.

Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, «ASPECTOS TÉCNICOS PARA LA REPARACIÓN DE REDES - NS-059,» EAAB-Norma Técnica, Bogotá, 2002.

P. Henríquez y C. Suaznábar, «BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO DIB,» 03 29 2018. [En línea]. Available: <https://blogs.iadb.org/innovacion/es/bim-transformacion-digital-en-la-construccion/>. [Último acceso: 12 11 2020].

Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, «Requerimientos de Construcción para la rehabilitación de redes de alcantarillado con revestimiento enrollado en espiral,» Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, Bogotá, 2018.

EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ, «CRITERIOS PARA LA INSTALACIÓN DE TUBERÍAS SIN ZANJA PARA ACUEDUCTO,» EAAB, Bogotá, 2005.

Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, «INSTALACIÓN DE TUBERÍAS EN ZANJA ABIERTA PARA REDES DE ACUEDUCTO,» EAAB-Norma Técnica, Bogotá, 2005.

Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, «EMPATES DE TUBERÍAS EN REDES DE ACUEDUCTO,» EAAB-Norma Técnica, Bogotá, 2005.

Instituto Nacional de INVIAS, «MANUAL DE DRENAJE PARA CARRETERAS,» INVIAS, BOGOTÁ, 2009.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, *RESOLUCIÓN 0330*, República de Colombia: Constitución Política, 17 de junio del 2017.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), «NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 1500,» Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), Bogotá D.C., 2004.

Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB, *CRITERIOS PARA DISEÑO DE RED MATRIZ*, Bogotá: EAAB, 2005.

EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ, *CRITERIOS PARA DISEÑO DE RED DE ACUEDUCTO SECUNDARIA*, Bogotá: EAAB, 2006.

F. Muñoz La - Rivera, J. C. Vielma, R. Herrera y J. Carvallo, «Methodology for Building Information Modeling (BIM) Implementation in Structural Engineering Companies (SECs),» HIMDAWI, Santiago, 2018.

M. BLANCO DIAZGRANADOS, «CAMBIANDO EL CHIP EN LA CONSTRUCCIÓN, DEJANDO LA,» UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA, BOGOTÁ , 2018.

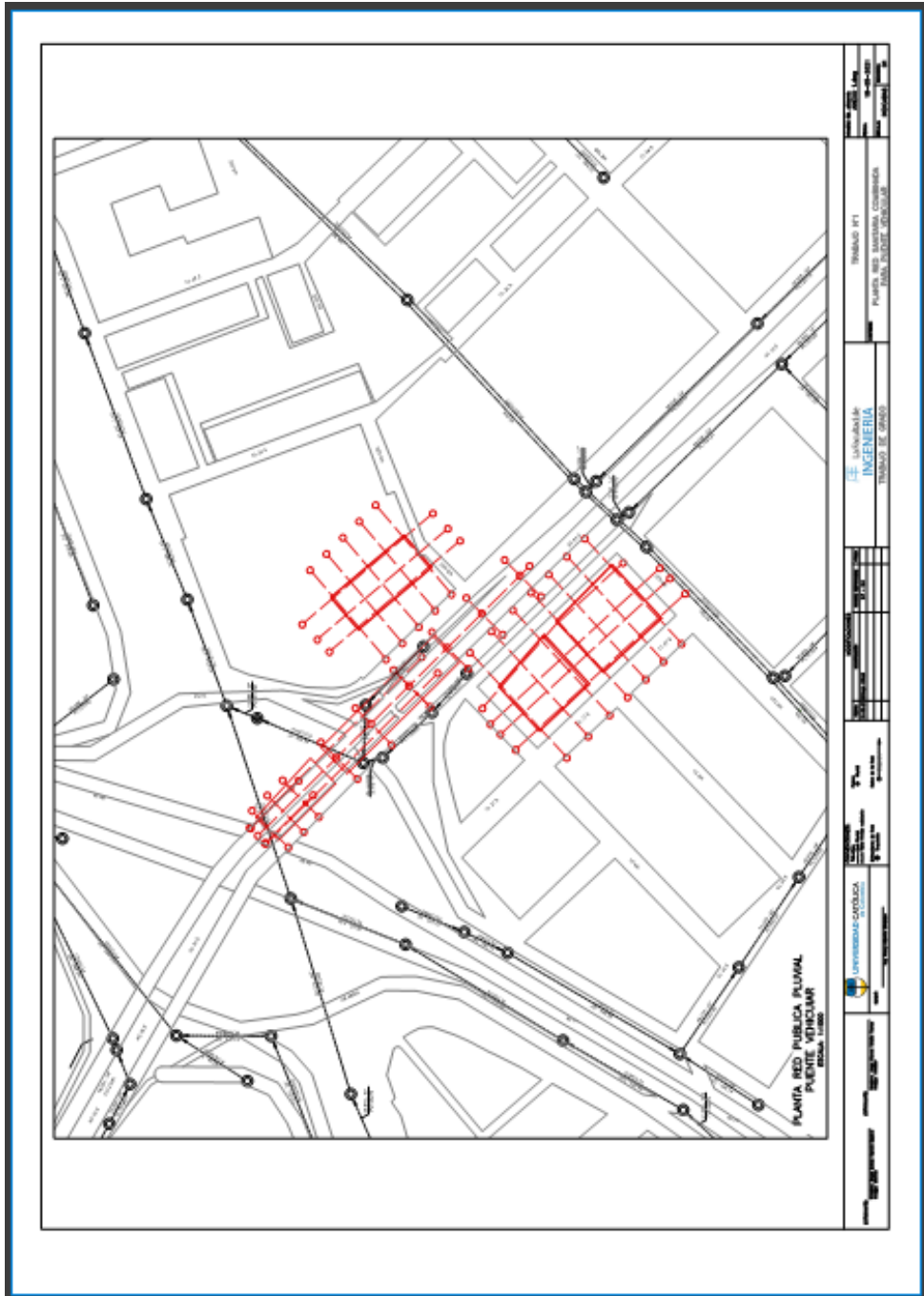
República de Colombia, *Constitución Política de Colombia*, Colombia: Republica de Colombia, 1991.

Hiberus Tecnología, «Hiberus Blog,» 15 08 2019. [En línea]. Available: <https://www.hiberus.com/crecemos-contigo/que-es-bim-construccion/>. [Último acceso: 12 11 2020].

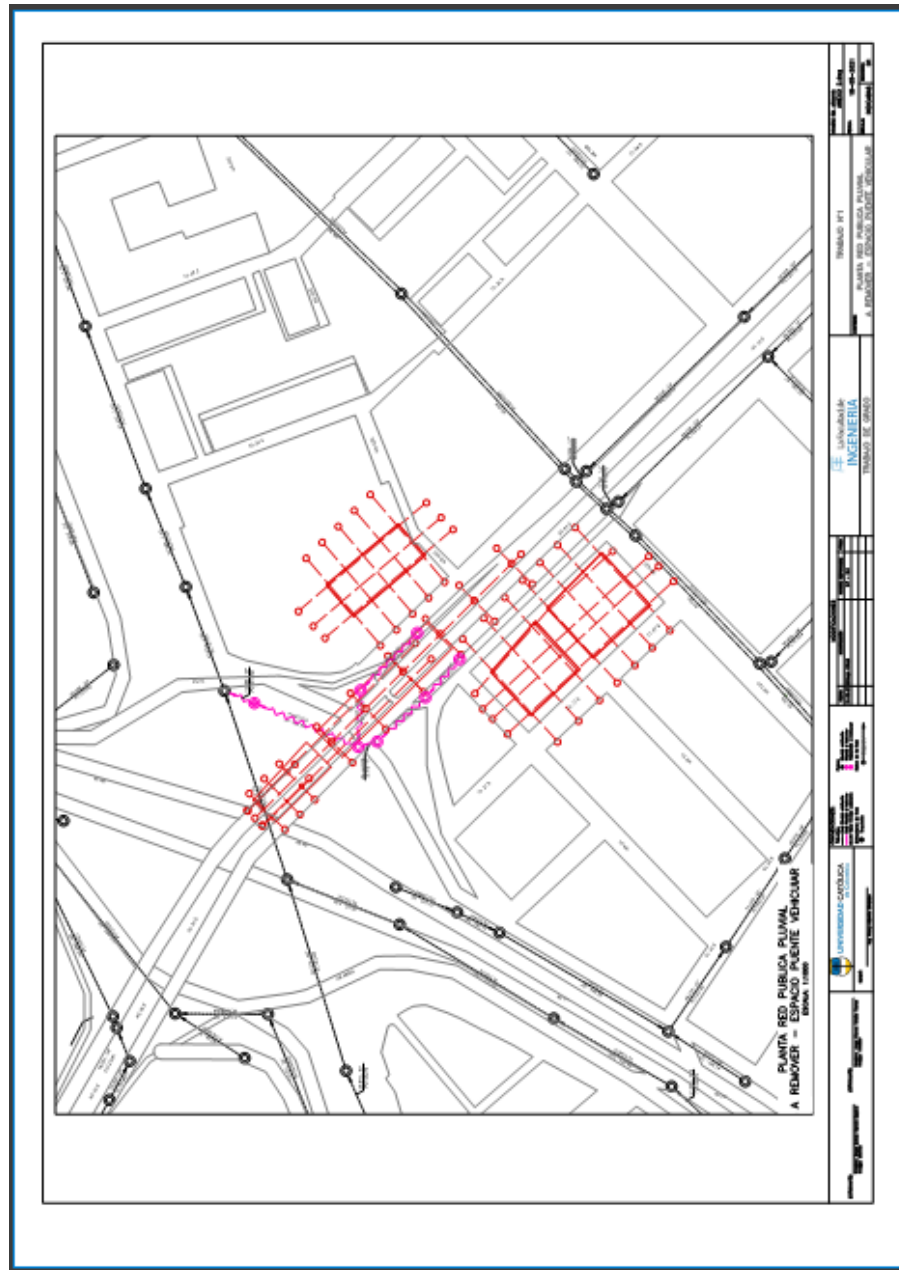
J. TOABADA, «Detección de Interferencias e incompatibilidades en el diseño de proyectos de edificaciones usando tecnologías BIM,» 2011.

R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado y P. Baptista Lucio, METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN, México D.F.: MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, 2014.

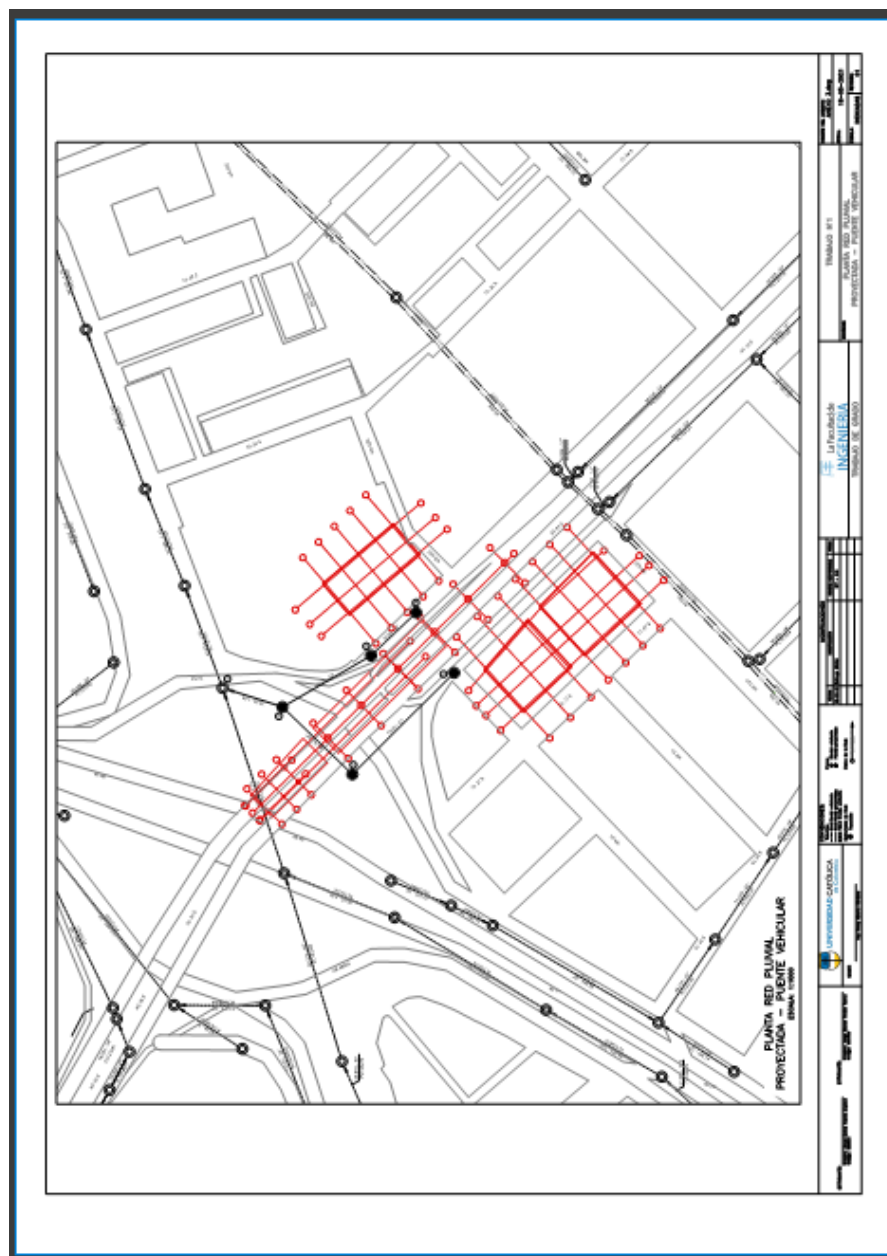
Anexo 1. Red Pluvial Existente - Puente Vehicular



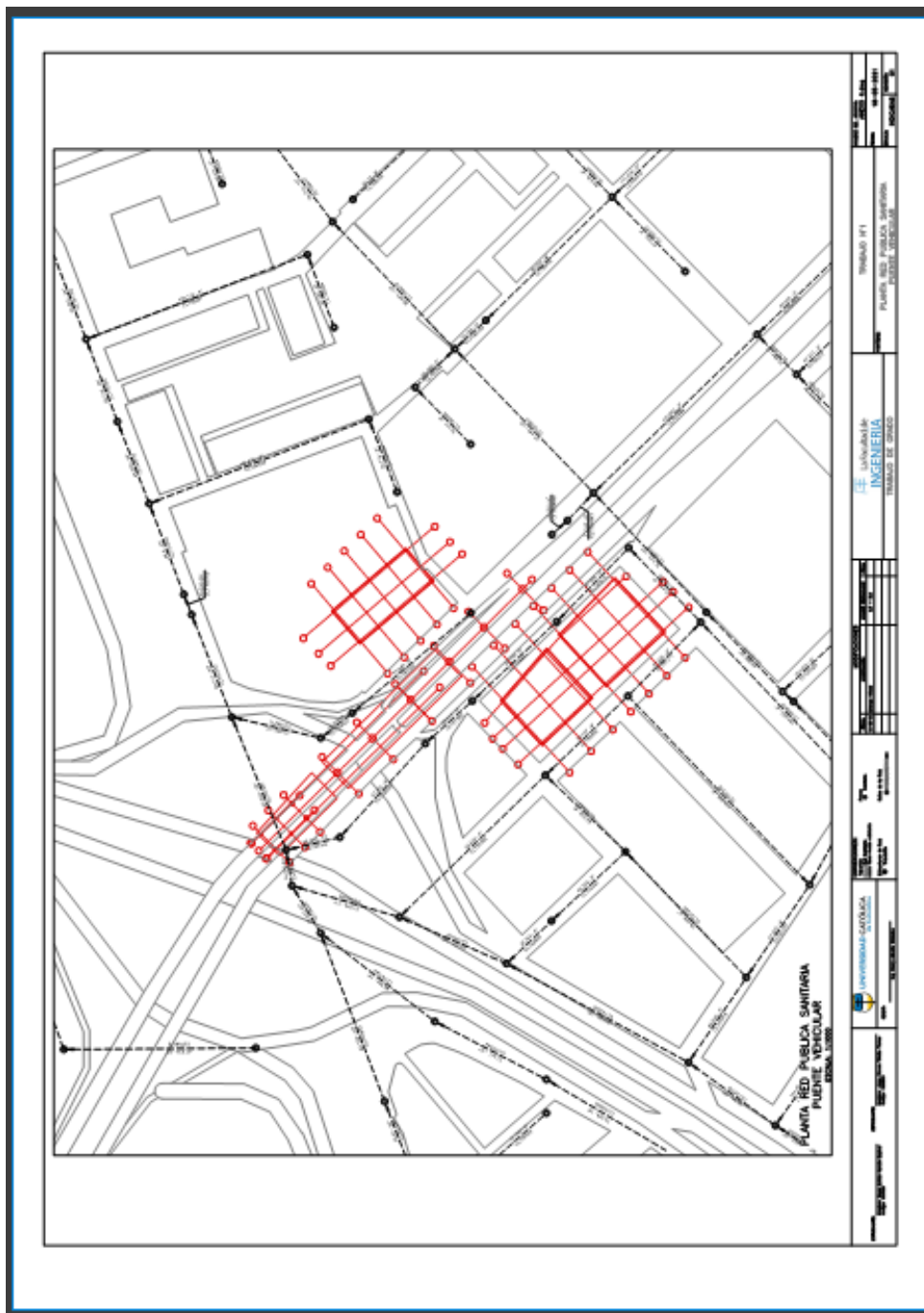
Anexo 2. Red Pluvial a Desmontar - Puente Vehicular



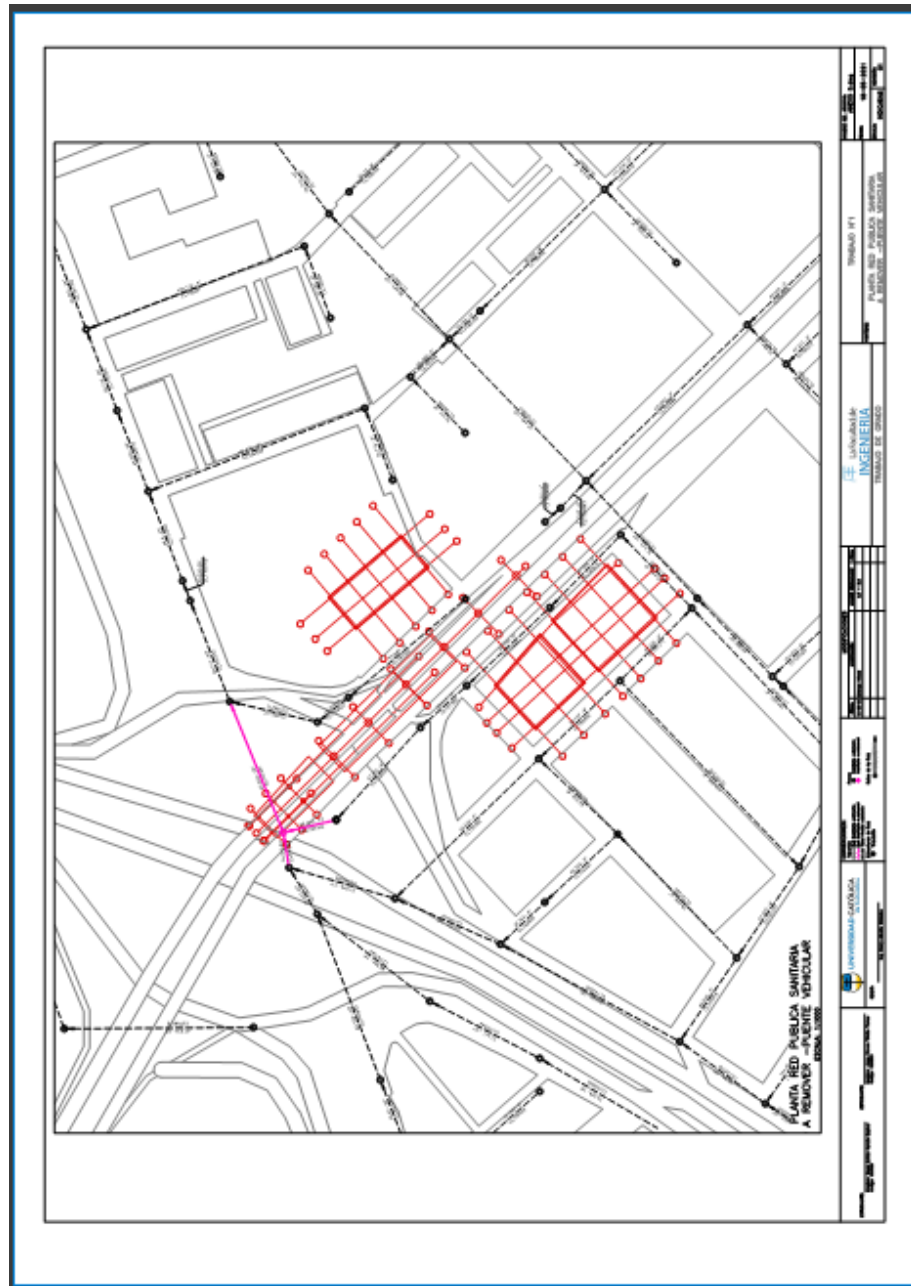
Anexo 3. Red Pluvial Propuesta - Puente Vehicular



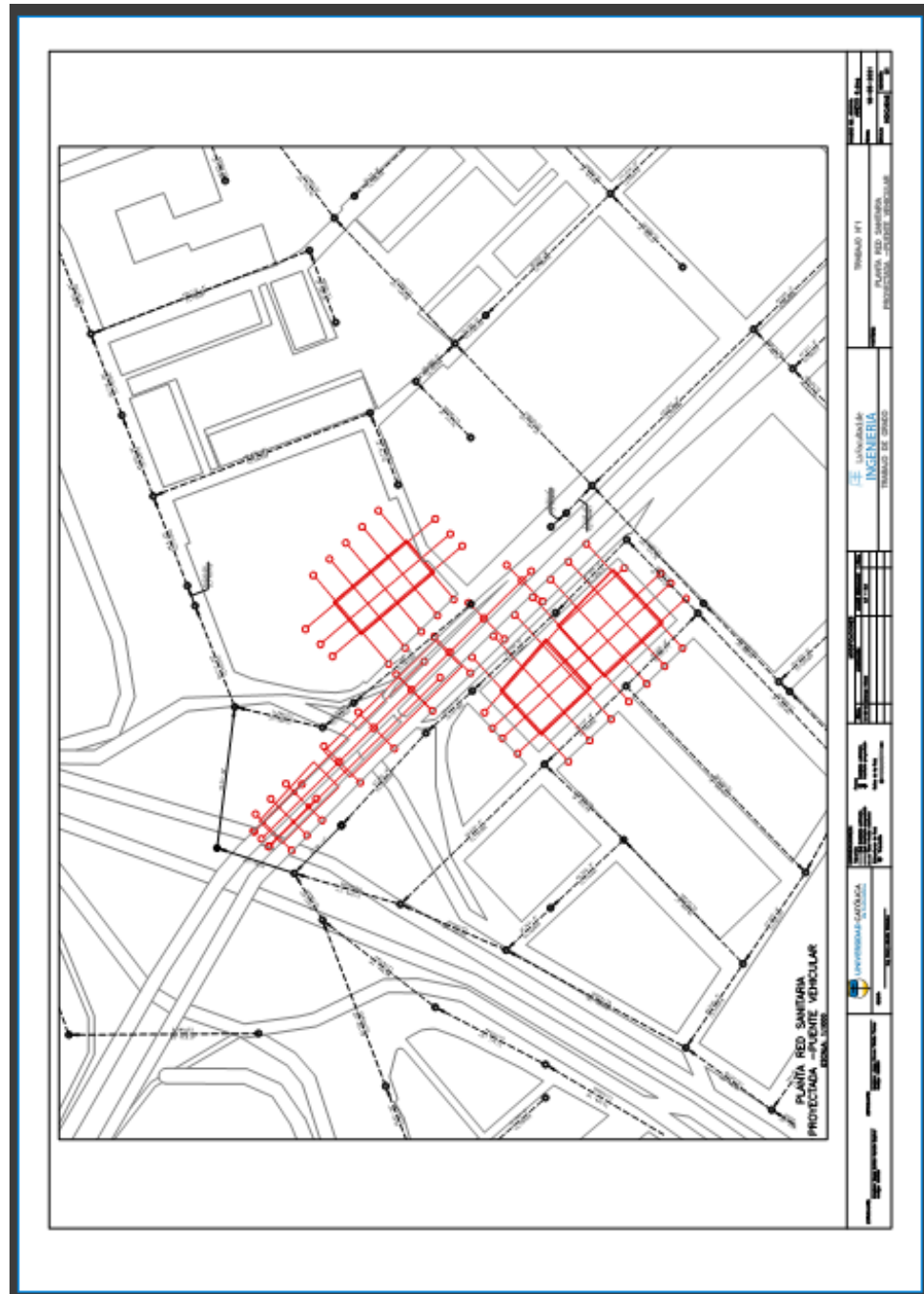
Anexo 4. Red Sanitaria Existente - Puente Vehicular



Anexo 5. Red Sanitaria a Desmontar – Puente Vehicular



Anexo 6. Red Sanitaria Propuesta – Puente Vehicular



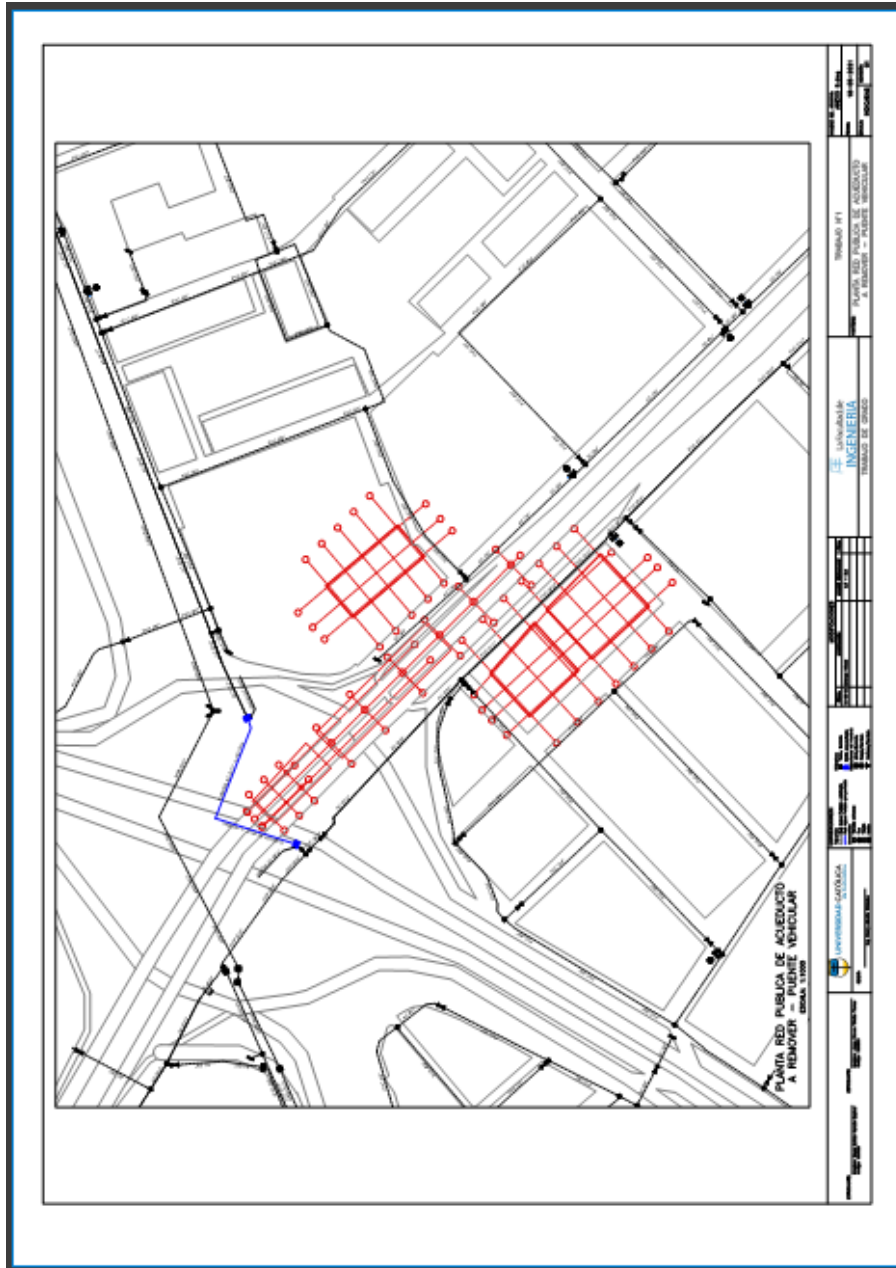
Anexo 7. Red Suministro Existente – Puente Vehicular



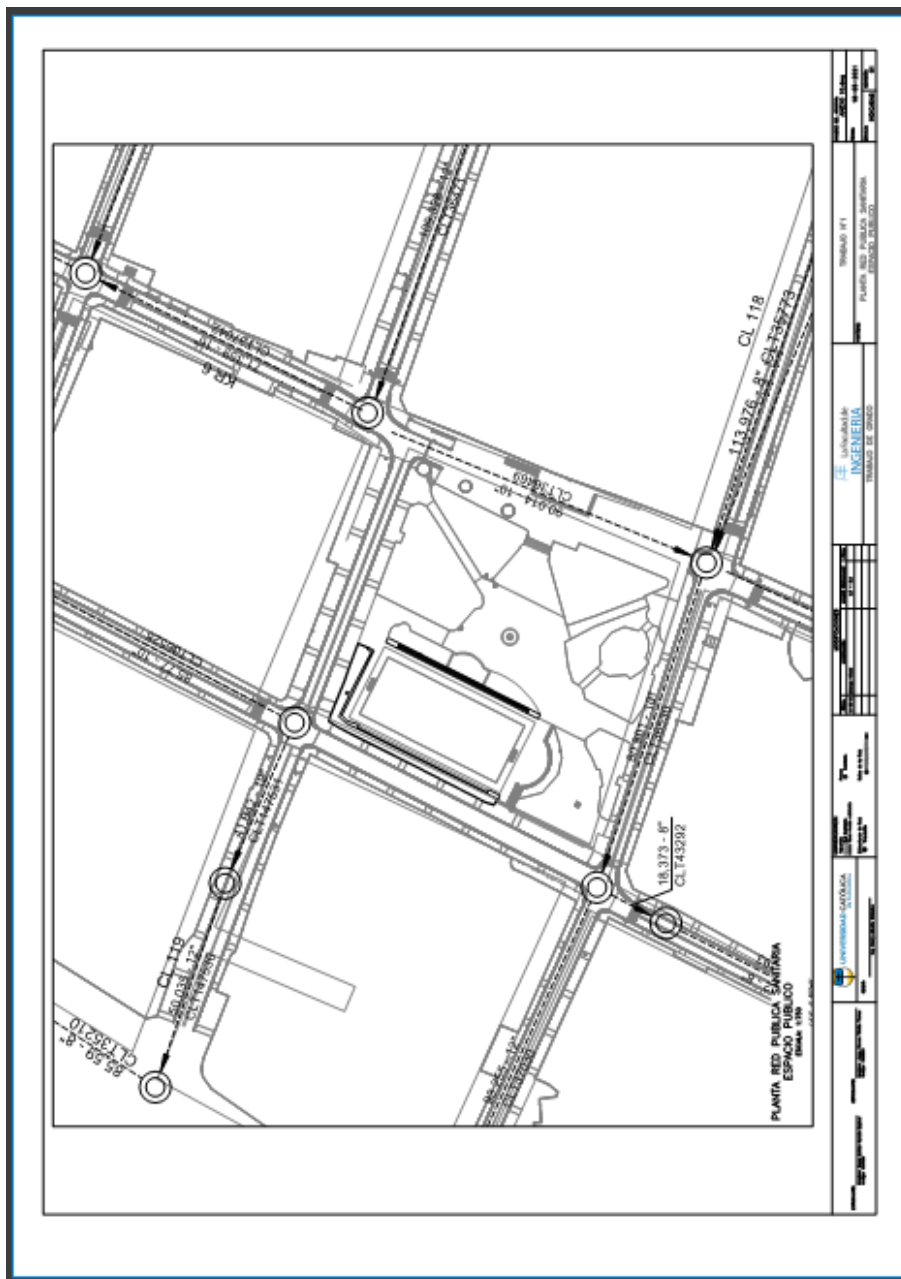
Anexo 8. Red Suministro a Desmontar – Puente Vehicular



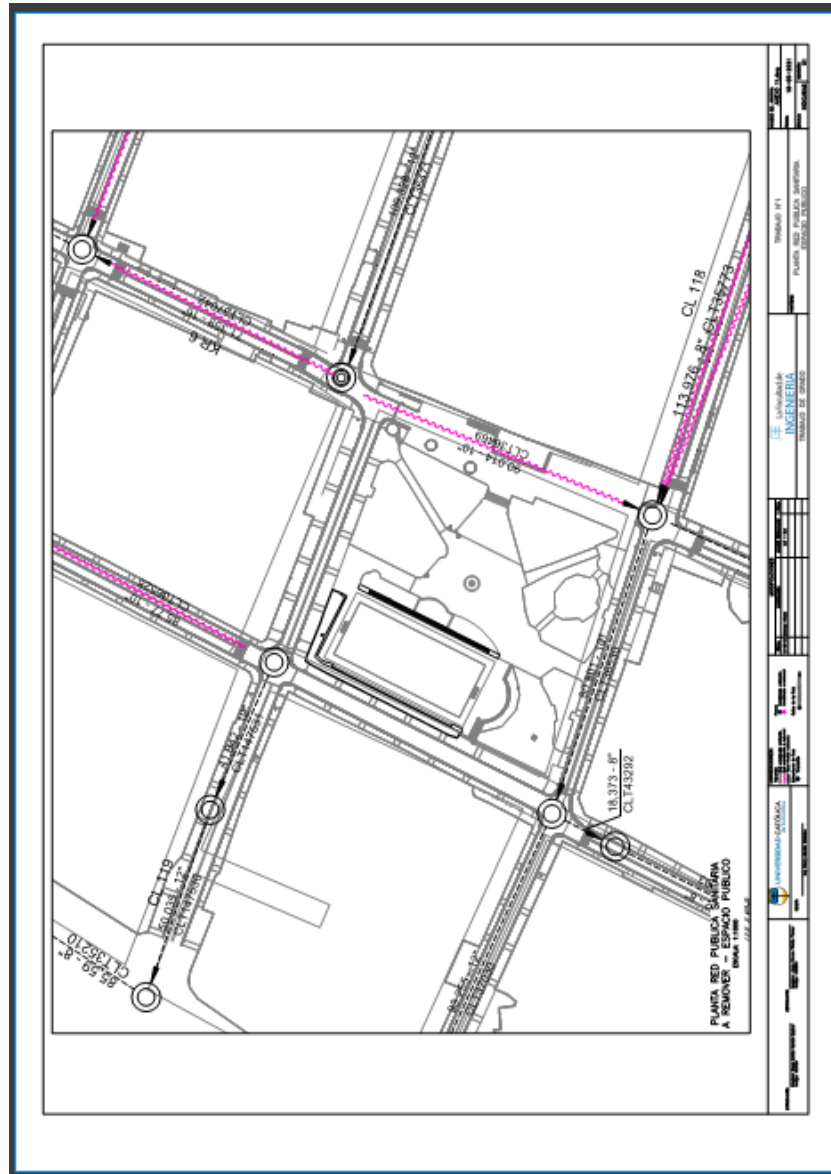
Anexo 9. Red Suministro Propuesta – Puente Vehicular



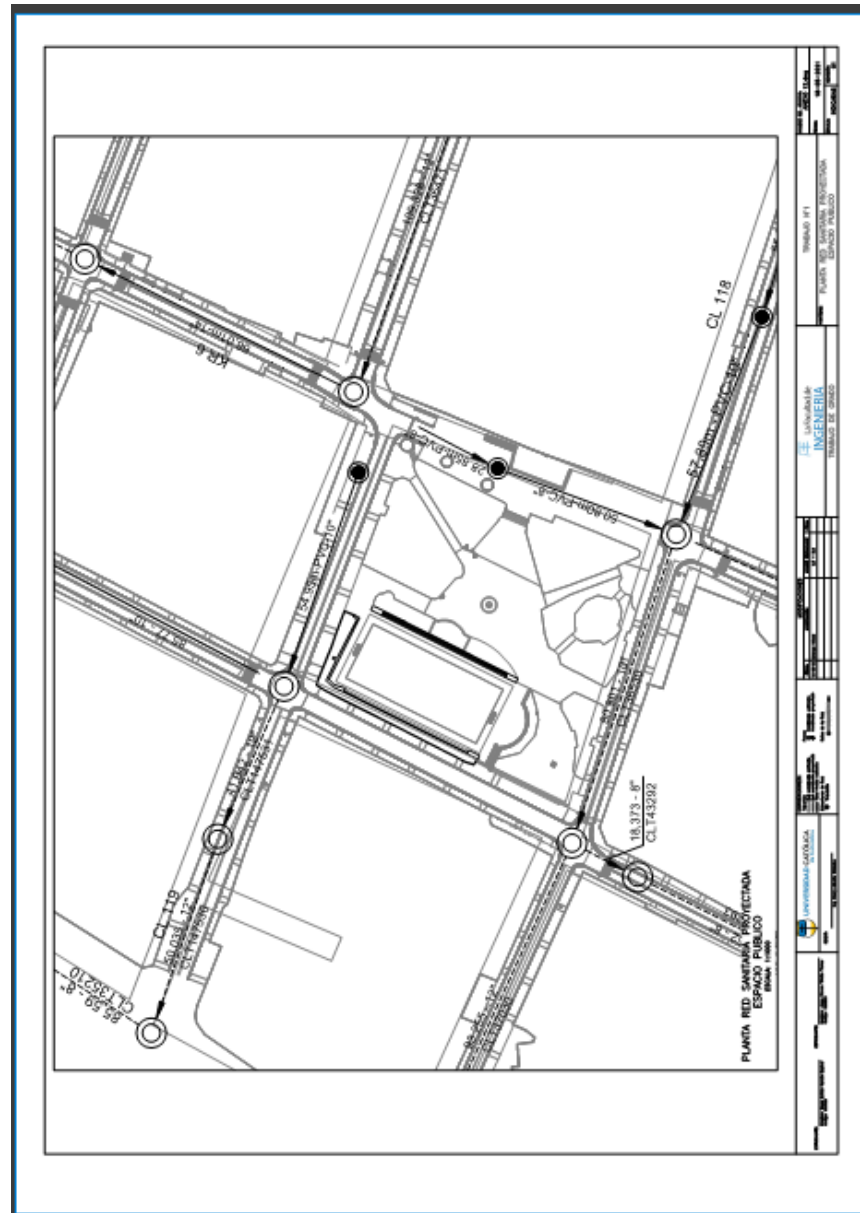
Anexo 10. Red Sanitaria Existente – Espacio Público



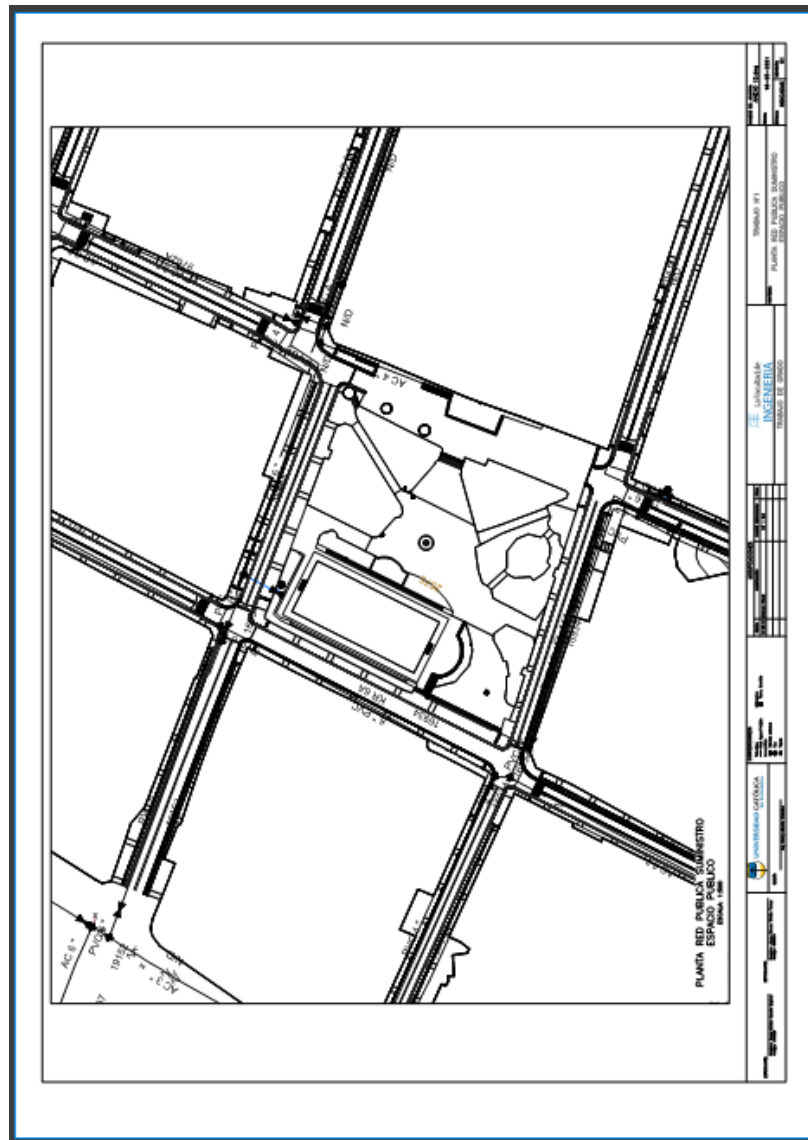
Anexo 11. Red Sanitaria a Desmontar – Espacio Público



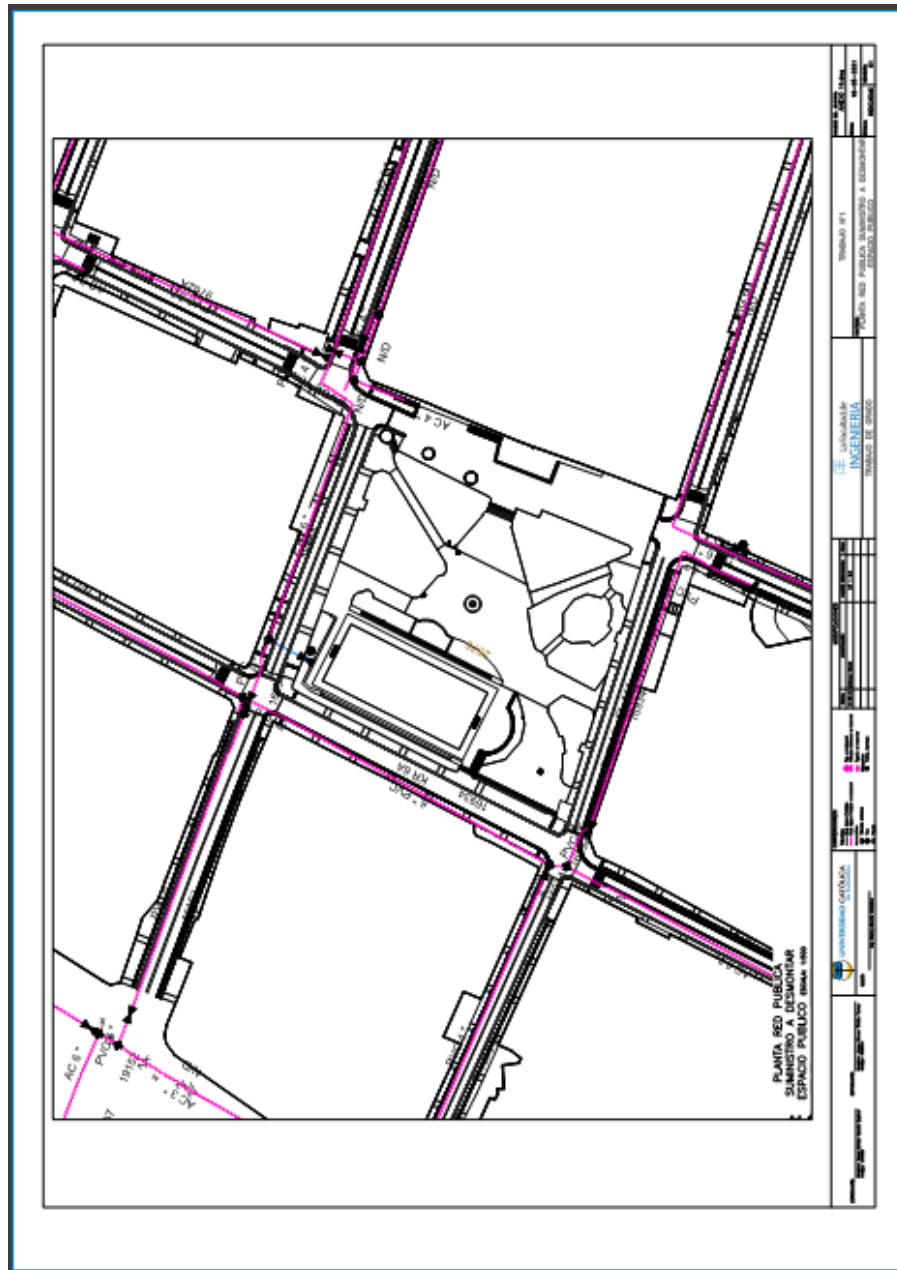
Anexo 12. Red Sanitaria Propuesta – Espacio Público



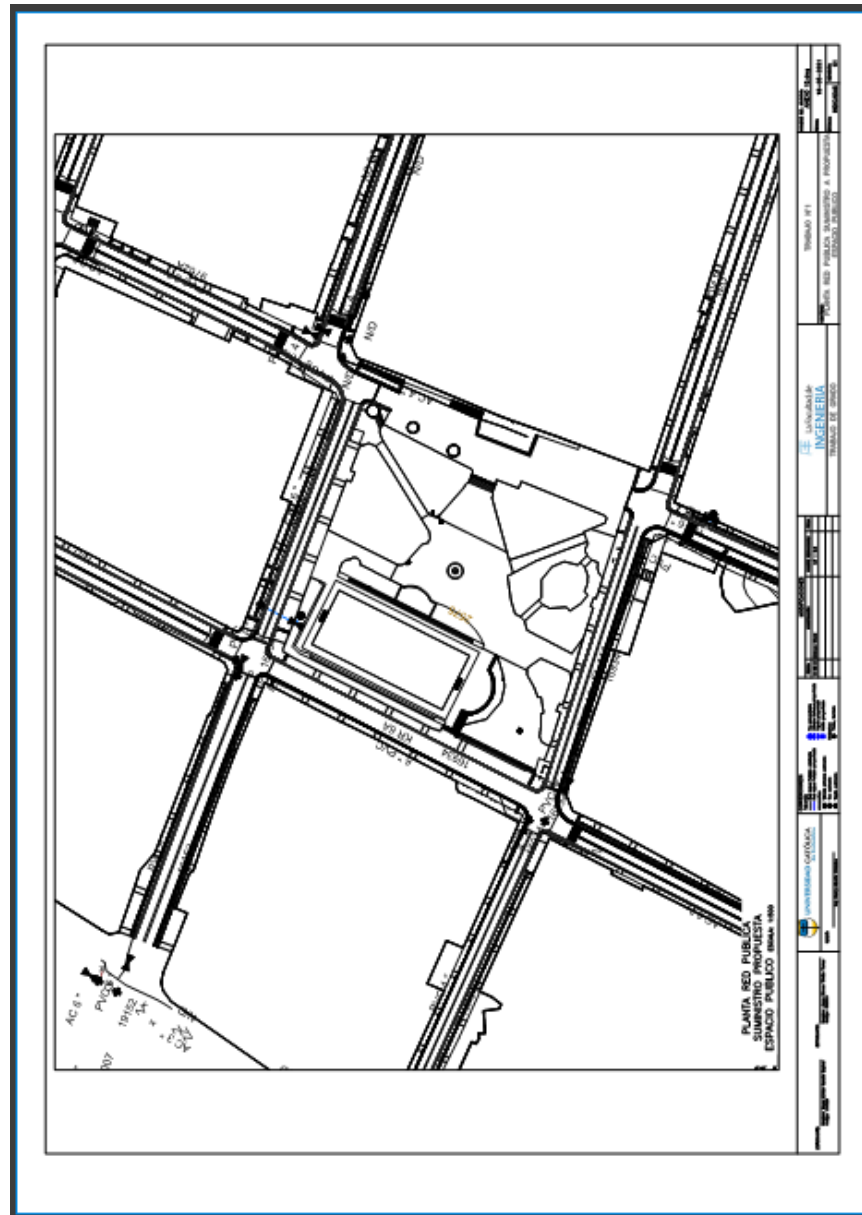
Anexo 13. Red Suministro Existente – Espacio Público



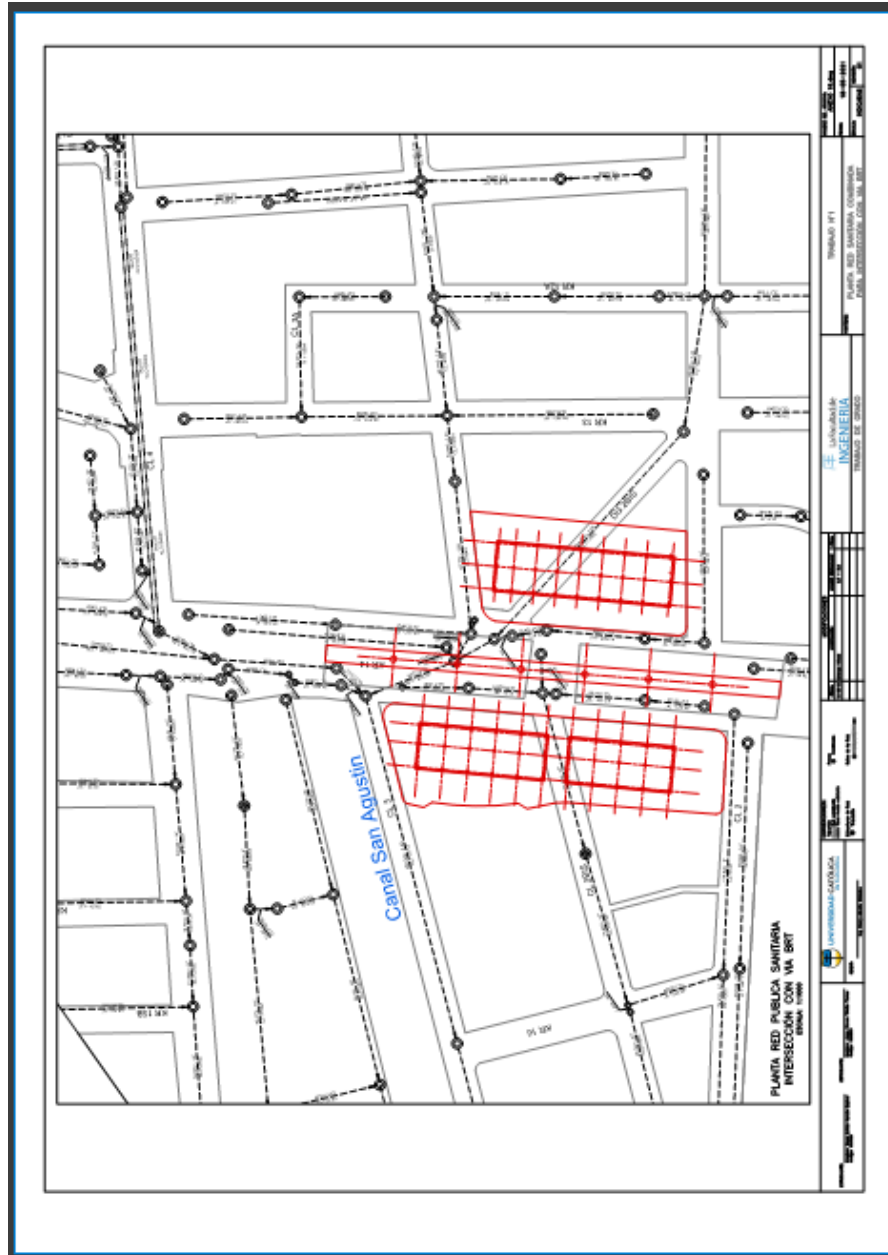
Anexo 14. Red Suministro a Desmontar – Espacio Público



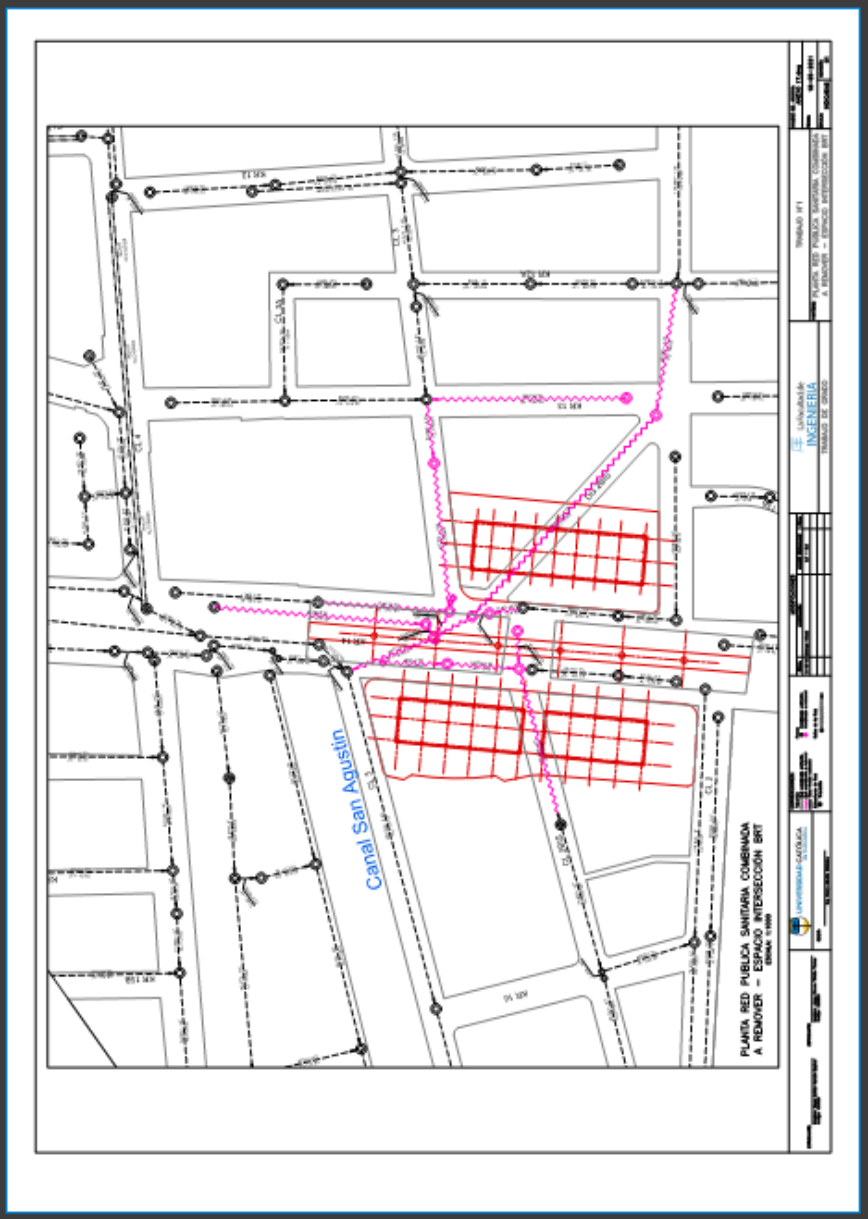
Anexo 15. Red Suministro Propuesta - Espacio Público



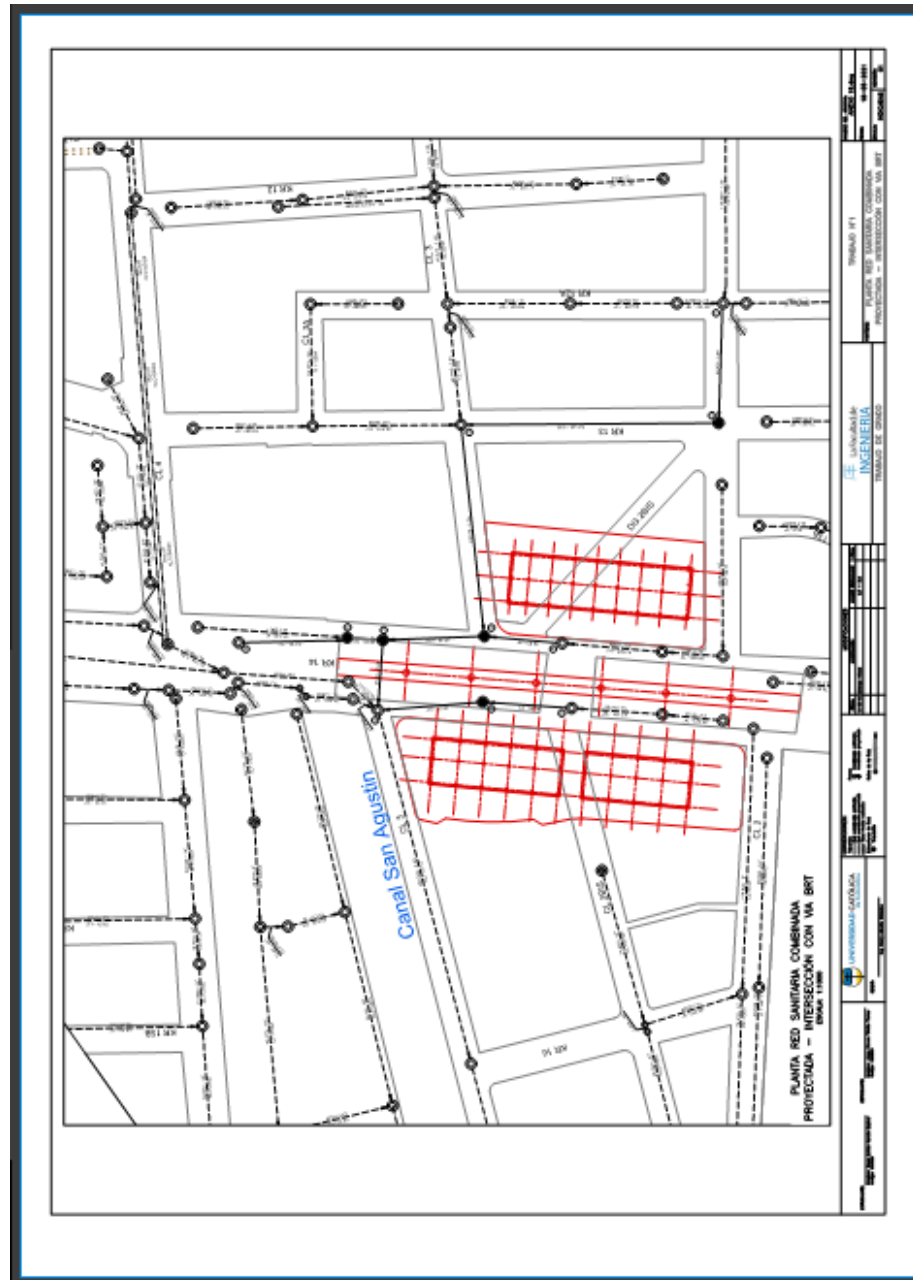
Anexo 16. Red Sanitaria Existente – Intersección BRT



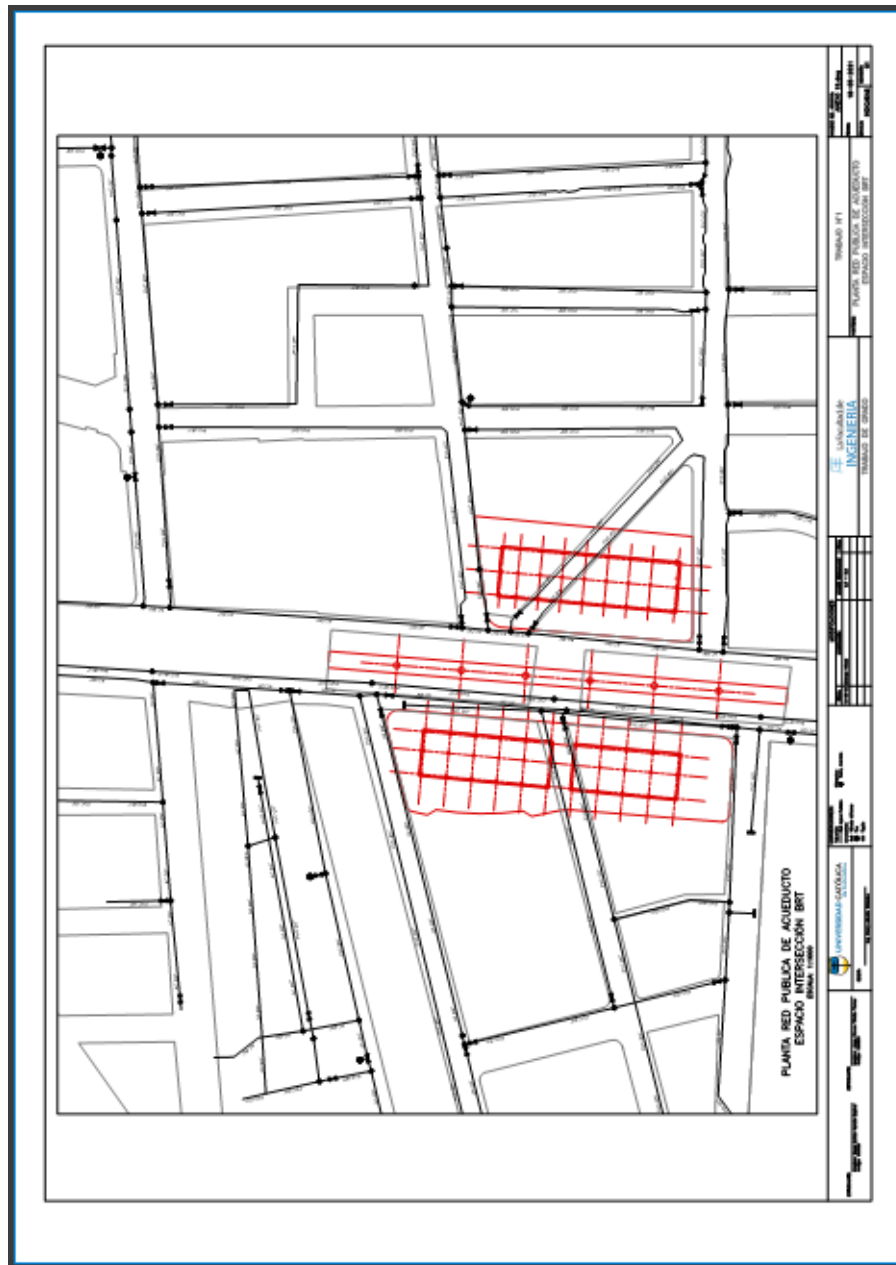
Anexo 17. Red Sanitaria a Desmontar – Intersección BRT



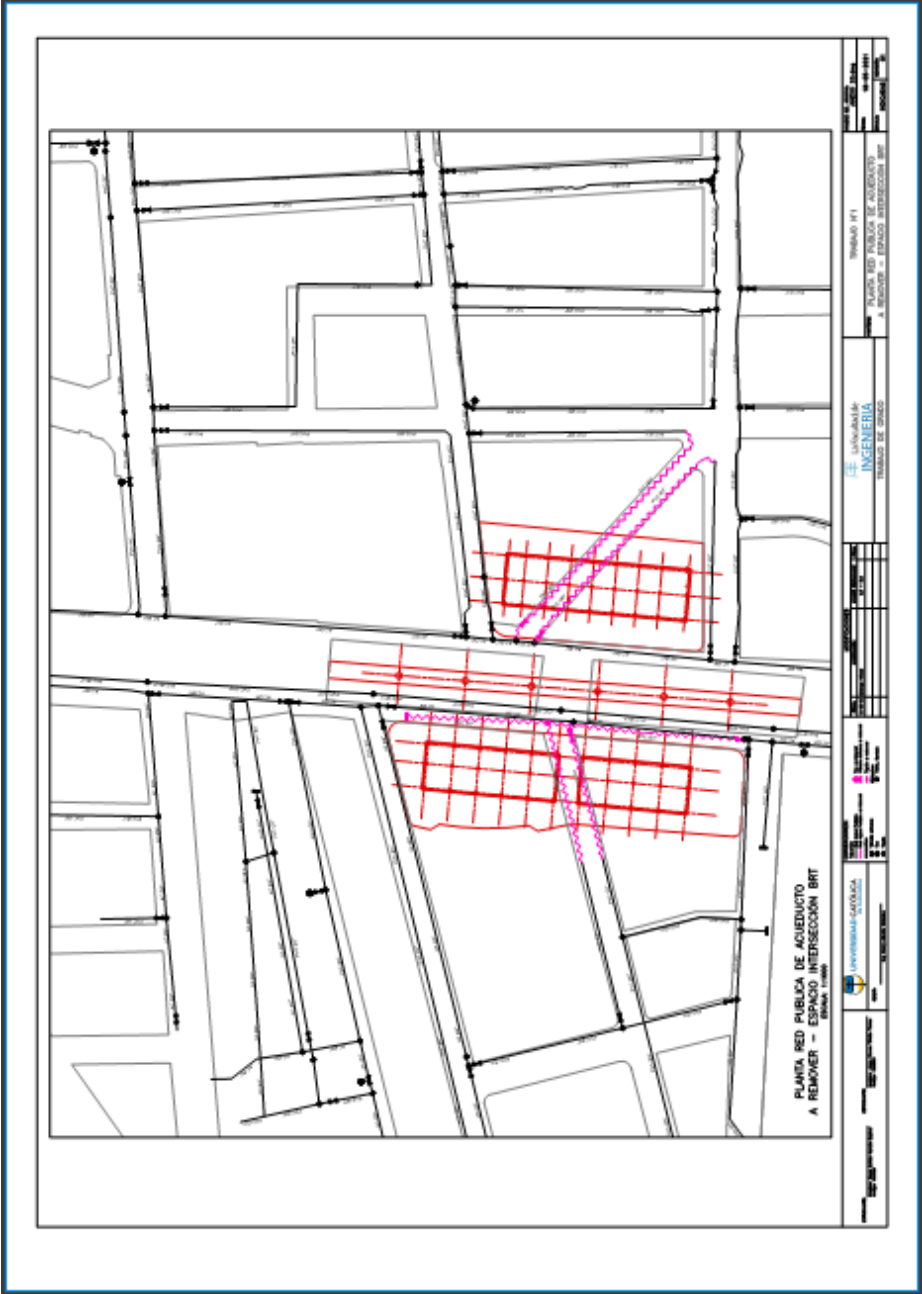
Anexo 18. Red Sanitaria Propuesta – Intersección BRT



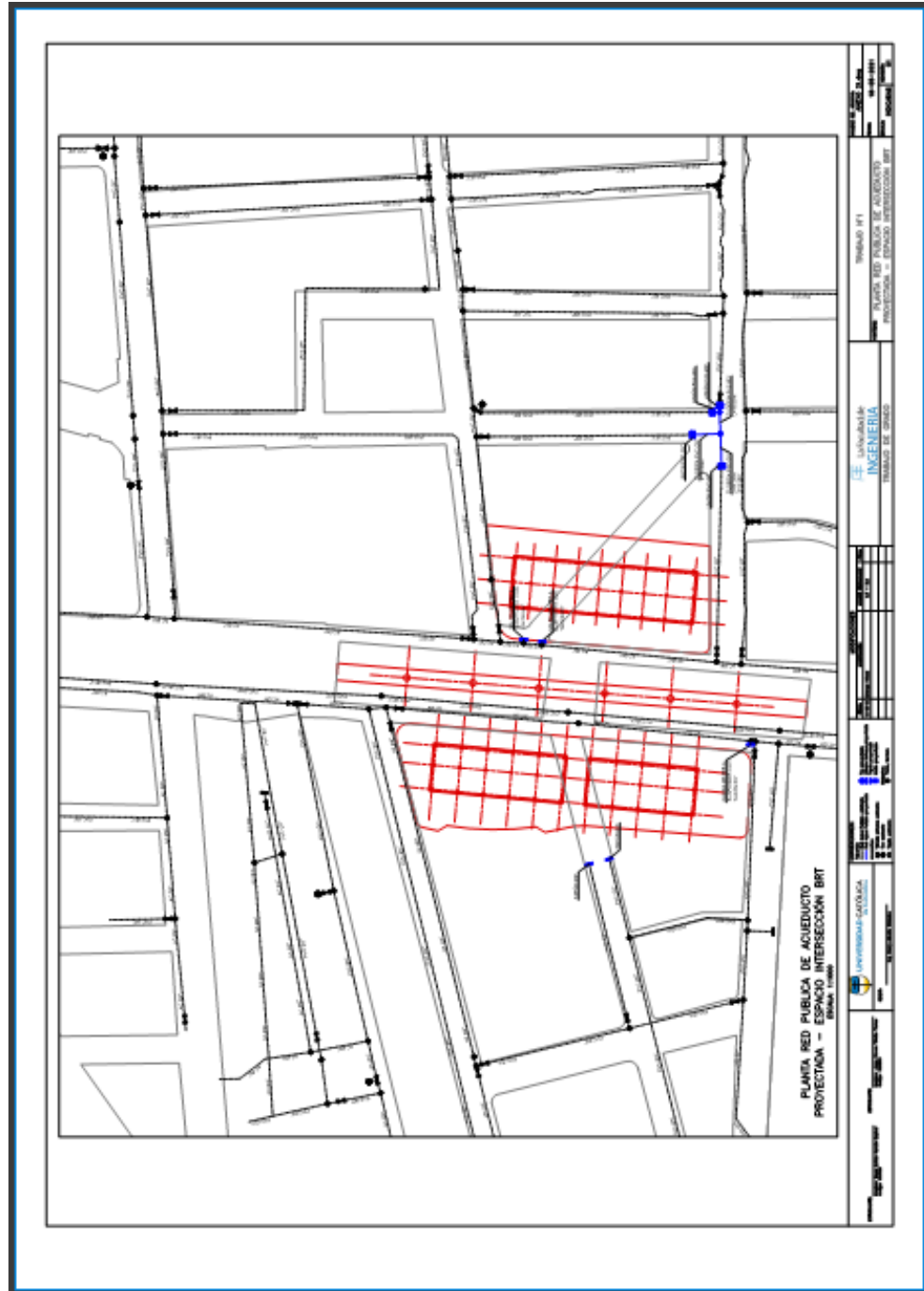
Anexo 19. Red Suministro Existente – Intersección BRT



Anexo 20. Red Suministro a Desmontar – Intersección BRT



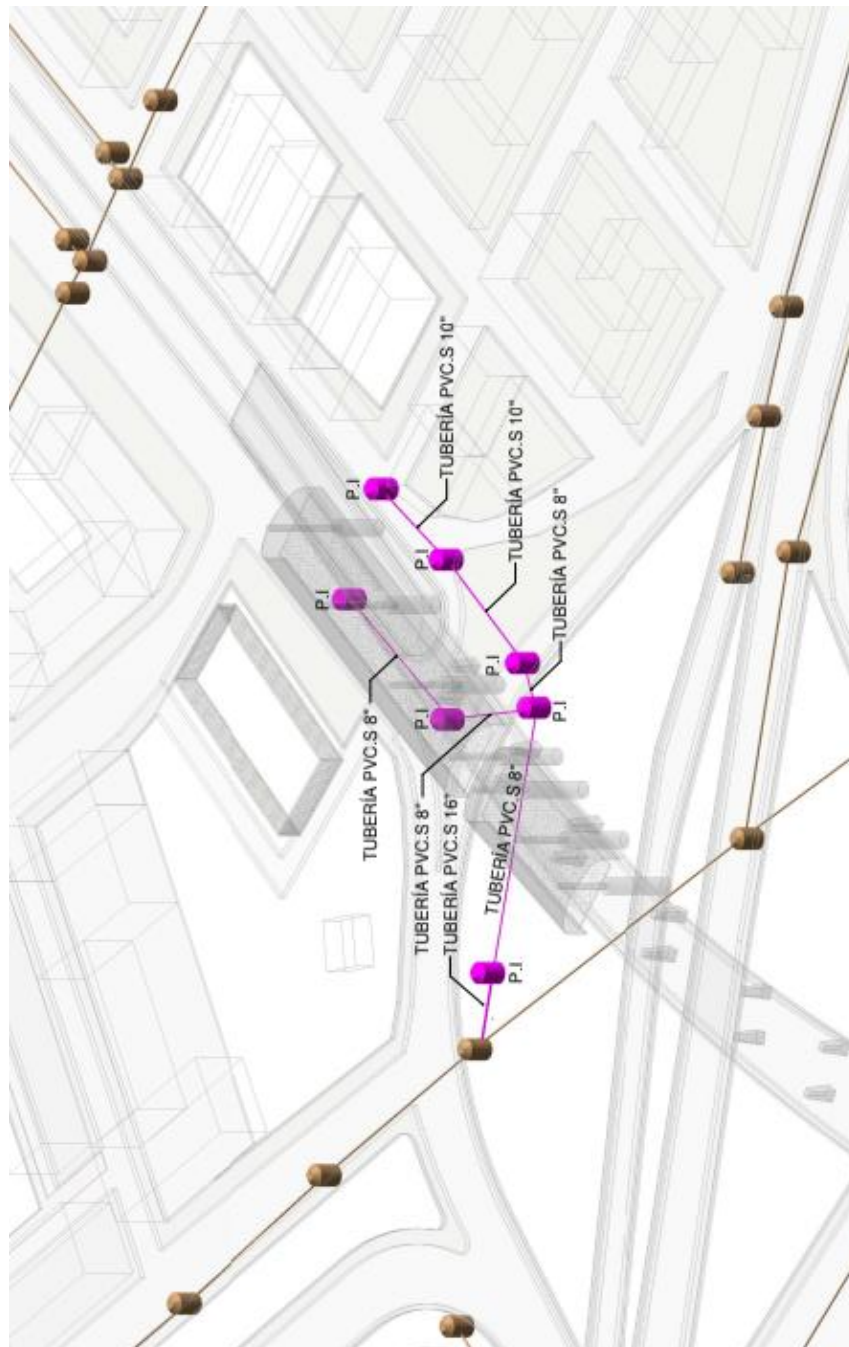
Anexo 21. Red Suministro Propuesta – Intersección BRT



Anexo 22. 3D – Red Pluvial Existente Puente Vehicular



Anexo 23. 3D-Red Pluvial a Desmontar Puente Vehicular



Anexo 24. 3D-Red Pluvial Propuesta Puente Vehicular



Anexo 25. 3D – Red Sanitaria Existente Puente Vehicular



Anexo 26. 3D-Red Sanitaria a Desmontar Puente Vehicular



Anexo 27. 3D-Red Sanitaria Propuesta Puente Vehicular



Anexo 28. Anexo 29. 3D – Red Suministro Existente Puente Vehicular



Anexo 30. 3D-Red Suministro a Desmontar Puente Vehicular



Anexo 31. 3D-Red Suministro Propuesta Puente Vehicular

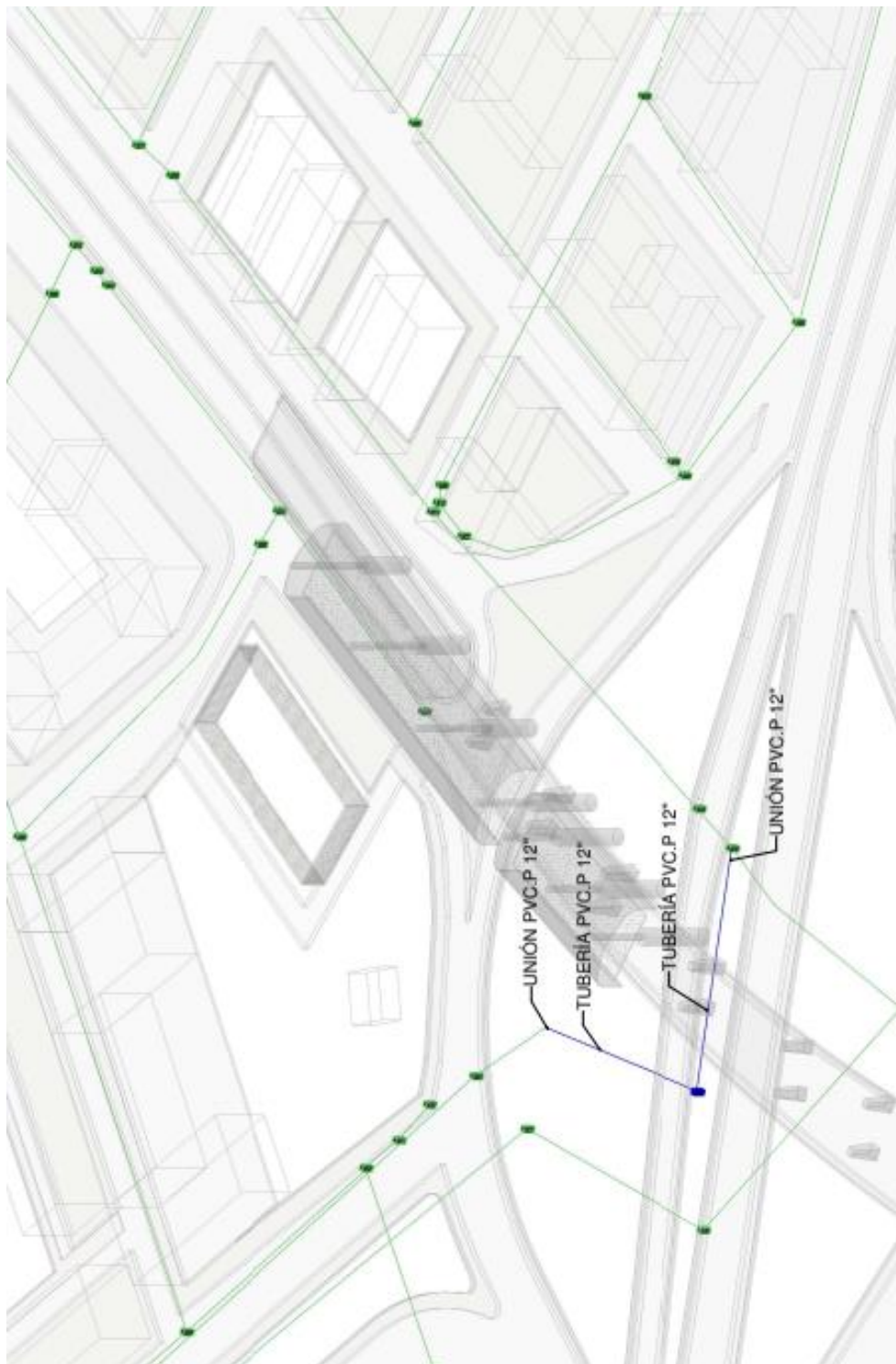


Tabla 5. Tubería a Desmontar Red Pluvial Puente Vehicular

Properties		Level 1		Tubería a Desmontar Red Pluvial X	
Schedule		<Tubería a Desmontar Red Pluvial>			
Schedule: Tubería a Desmontar Red Pluvial					
Phase Filter	None				
Phase	Existing				
Other					
Fields	Edit...				
Filter	Edit...				
Sorting/Grouping	Edit				
Properties help					
Project Browser - PROJECT-PUENTE VEHICULAR					
Legends					
Schedules/Quantities (all)					
Tubería a Desmontar Red Pluvial					
Tubería a Desmontar Red Sanitaria					
Tubería a Desmontar Red Suministro					
Tubería Nueva Red Pluvial					
Tubería Nueva Red Sanitaria					
Tubería Nueva Red Suministro					
Sheets (all)					
H000 - PLANTA GENERAL LOCALIZACION					
PV001 - PLANTA RED PUBLICA PLUVIAL EXISTENTE					
PV002 - PLANTA RED PUBLICA PLUVIAL A REMOVER					
Zoom in or out using the Ctrl + mouse wheel or Ct					

A	B	C	D
Comments	Diameter	Length	Material
PLUVIAL A DESMONTAR	8"	7.90	PVC - PAVCO NOVAFORT
PLUVIAL A DESMONTAR	8"	23.73	PVC - PAVCO NOVAFORT
PLUVIAL A DESMONTAR	8"	38.12	PVC - PAVCO NOVAFORT
PLUVIAL A DESMONTAR	8"	53.04	PVC - PAVCO NOVAFORT
8"		122.79	
PLUVIAL A DESMONTAR	10"	24.25	PVC - PAVCO NOVAFORT
PLUVIAL A DESMONTAR	10"	29.38	PVC - PAVCO NOVAFORT
10"		53.64	
PLUVIAL A DESMONTAR	16"	13.76	PVC - PAVCO NOVAFORT
16"		190.18	
Grand total			

Tabla 6. Tubería Nueva Red Pluvial Puente Vehicular

Properties

Schedule

Schedule: Tubería Nueva Red Pluvial

Phase Filter

Phase

Other

Fields

Filter

Sort/Filter/Grouping

Properties help

Apply

Level 1

Tubería Nueva Red Pluvial X

<Tubería Nueva Red Pluvial>

A	B	C	D
Comments	Diameter	Length	Material
PLUVIAL PROYECTADA	32"	29.52	PVC - PAVCO NOVAFORT
PLUVIAL PROYECTADA	32"	44.92	PVC - PAVCO NOVAFORT
PLUVIAL PROYECTADA	32"	47.00	PVC - PAVCO NOVAFORT
PLUVIAL PROYECTADA	32"	67.00	PVC - PAVCO NOVAFORT
32"		188.44	
PLUVIAL PROYECTADA	40"	29.00	PVC - PAVCO NOVAFORT
40"		29.00	
Grand total		217.44	

Project Browser - PROJECT - PUENTE VEHICULAR

Legends

Schedules/Quantities (all)

Tubería a Desmontar Red Pluvial

Tubería a Desmontar Red Sanitaria

Tubería a Desmontar Red Suministro

Tubería Nueva Red Pluvial

Tubería Nueva Red Sanitaria

Tubería Nueva Red Suministro

Sheets (all)

H000 - PLANTA GENERAL LOCALIZACION

PV001 - PLANTA RED PUBLICA PLUVIAL EXISTENTE

PV002 - PLANTA RED PUBLICA PLUVIAL A REMOVER

Zoom in or out using the Ctrl + mouse wheel or Ct

Tabla 7. Tubería a Desmontar Red Sanitaria Puente Vehicular

Properties

Schedule

Schedule: Tubería a Desmontar Red Sanitaria

Phase FilterNone

PhaseExisting

Other

Fields

Filter

Sort/Filter/Grouping

Properties help

Edit Type

Edit...

Edit...

Edit

Apply

Level 1

Tubería a Desmontar Red Sanitaria

<Tubería a Desmontar Red Sanitaria>

A	B	C	D
Comments	Diameter	Length	Material
SANITARIA A DESMONTAR 10"	10"	21.80	PVC - PAVCO NOVAFORT
10"		21.80	
SANITARIA A DESMONTAR 22"	22"	15.69	PVC - PAVCO NOVAFORT
SANITARIA A DESMONTAR 22"	22"	66.00	PVC - PAVCO NOVAFORT
22"		81.69	
Grand total		103.49	

Project Browser - PROJECT-PUENTE VEHICULAR

Legends

Schedules/Quantities (all)

Tubería a Desmontar Red Pluvial

Tubería a Desmontar Red Sanitaria

Tubería a Desmontar Red Suministro

Tubería Nueva Red Pluvial

Tubería Nueva Red Sanitaria

Tubería Nueva Red Suministro

Sheets (all)

H000 - PLANTA GENERAL LOCALIZACION

PV001 - PLANTA RED PUBLICA PLUVIAL EXISTENTE

PV002 - PLANTA RED PUBLICA PLUVIAL A REMOVER

Zoom in or out using the Ctrl + mouse wheel or Ct

Main Model

Tabla 8. Tubería Nueva Red Sanitaria Puente Vehicular

Properties

Schedule

Schedule: Tubería Nueva Red Sanitaria

Phase Filter

Phase

Other

Fields

Filter

Sorting/Grouping

Properties help

Apply

Level 1

Tubería Nueva Red Sanitaria X

<Tubería Nueva Red Sanitaria>

A	B	C	D
Comments	Diameter	Length	Material
SANITARIA PROYECTADA	10"	28.94	PVC - PAVCO NOVAFORT
10"		28.94	
SANITARIA PROYECTADA	22"	36.08	PVC - PAVCO NOVAFORT
SANITARIA PROYECTADA	22"	85.33	PVC - PAVCO NOVAFORT
22"		101.41	
Grand total		130.35	

Project Browser - PROJECT-PUENTE VEHICULAR

Legends

Schedules/Quantities (all)

Tubería a Desmontar Red Pluvial

Tubería a Desmontar Red Sanitaria

Tubería a Desmontar Red Suministro

Tubería Nueva Red Pluvial

Tubería Nueva Red Sanitaria

Tubería Nueva Red Suministro

Sheets (all)

H000 - PLANTA GENERAL LOCALIZACION

PV001 - PLANTA RED PUBLICA PLUVIAL EXISTENTE

PV002 - PLANTA RED PUBLICA PLUVIAL A REMOVER

Zoom in or out using the Ctrl + mouse wheel or Ct

Main Model

Tabla 9. Tubería a Desmontar Red Suministro Puente Vehicular

Level 1

Tubería a Desmontar Red Sumini... X

<Tubería a Desmontar Red Suministro>

A	B	C	D
Comments	Diameter	Length	Material
SUMINISTRO A DESMONTAR	4"	6.41	PVC-PRESIÓN
SUMINISTRO A DESMONTAR	4"	81.72	PVC-PRESIÓN
4"		88.13	
Grand total		88.13	

Schedule: Tubería a Desmontar Red Suministro

Phase Filter: None

Phase: REDES EXISTENTES

Other: 1

Fields: Edit...

Filter: Edit...

Sorting/Grouping: Edit

Properties help

Apply

Project Browser - PROJECT-PUENTE VEHICULAR

- Legends
- Schedules/Quantities (all)
 - Tubería a Desmontar Red Pluvial
 - Tubería a Desmontar Red Sanitaria
 - Tubería a Desmontar Red Suministro**
 - Tubería Nueva Red Pluvial
 - Tubería Nueva Red Sanitaria
 - Tubería Nueva Red Suministro
- Sheets (all)
 - H000 - PLANTA GENERAL LOCALIZACION
 - PV001 - PLANTA RED PUBLICA PLUVIAL EXISTENTE
 - PV002 - PLANTA RED PUBLICA PLUVIAL A REMOVER

Zoom in or out using the Ctrl + mouse wheel or Ct

Main Model

Tabla 10. Tubería Nueva Red Suministro Puente Vehicular

Properties

Level 1

Tubería Nueva Red Suministro X

Schedule

Schedule: Tubería Nueva Red Suministro

Phase Filter

Phase

Other

Fields

Filter

Sort/Filter/Grouping

Properties help

Apply

Grand total: 4

A	B	C	D
Comments	Diameter	Length	Material
SUMINISTRO PROYECTADA	4"	1.30	PVC-PRESIÓN
SUMINISTRO PROYECTADA	4"	1.98	PVC-PRESIÓN
SUMINISTRO PROYECTADA	4"	43.87	PVC-PRESIÓN
SUMINISTRO PROYECTADA	4"	45.76	PVC-PRESIÓN
Grand total: 4		92.91	

Project Browser - PROJECT-PUENTE VEHICULAR

Legends

Schedules/Quantities (all)

Tubería a Desmontar Red Pluvial

Tubería a Desmontar Red Sanitaria

Tubería a Desmontar Red Suministro

Tubería Nueva Red Pluvial

Tubería Nueva Red Sanitaria

Tubería Nueva Red Suministro

Sheets (all)

H000 - PLANTA GENERAL LOCALIZACION

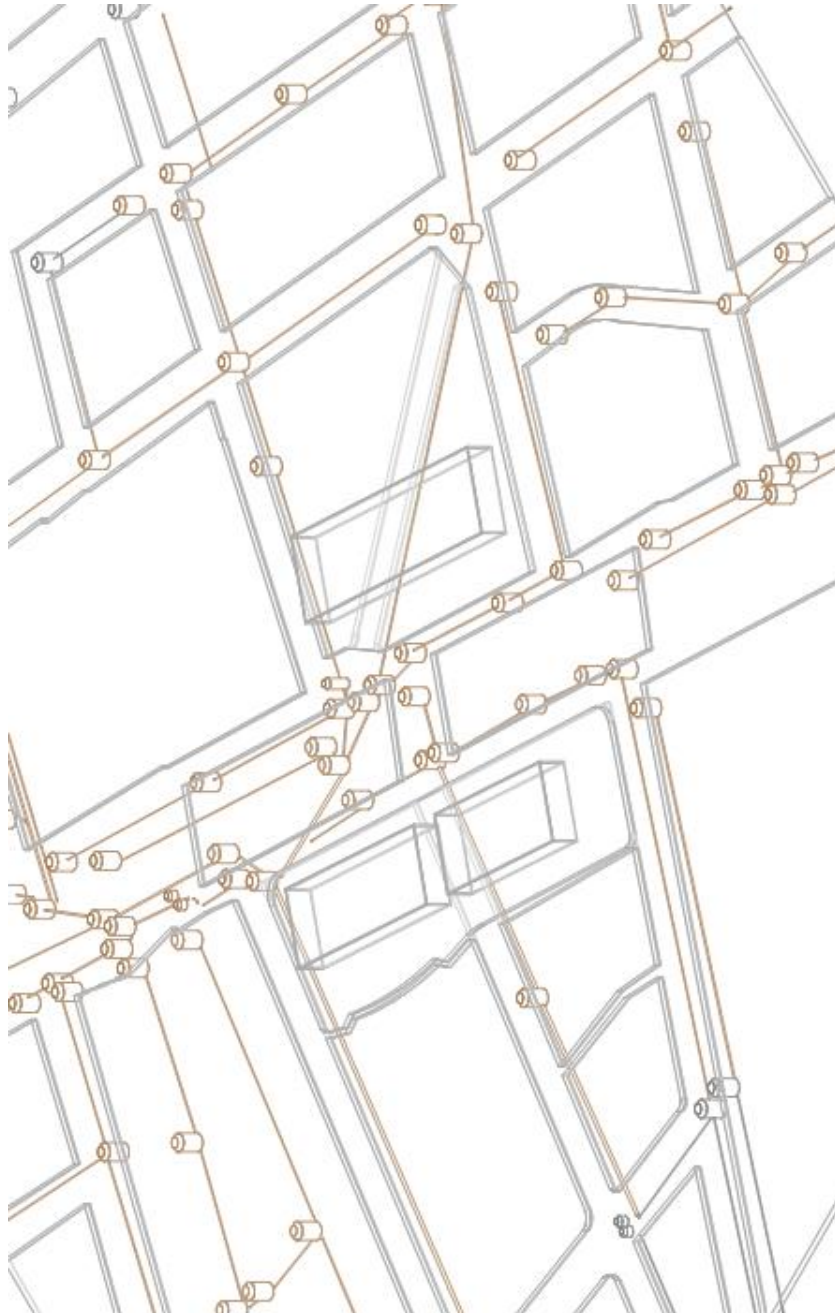
PV001 - PLANTA RED PUBLICA PLUVIAL EXISTENTE

PV002 - PLANTA RED PUBLICA PLUVIAL A REMOVER

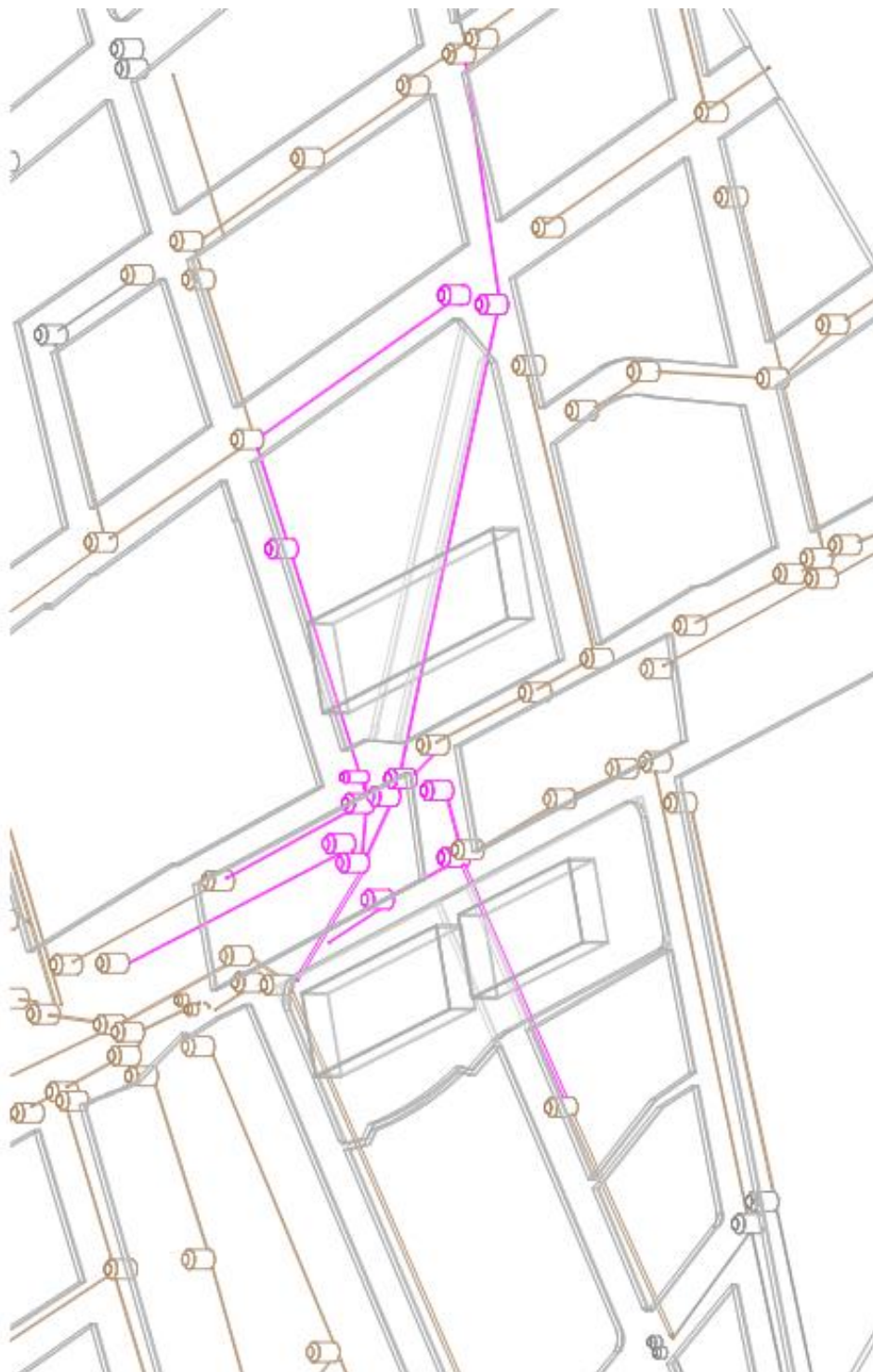
Zoom in or out using the Ctrl + mouse wheel or Ctrl +

Main Model

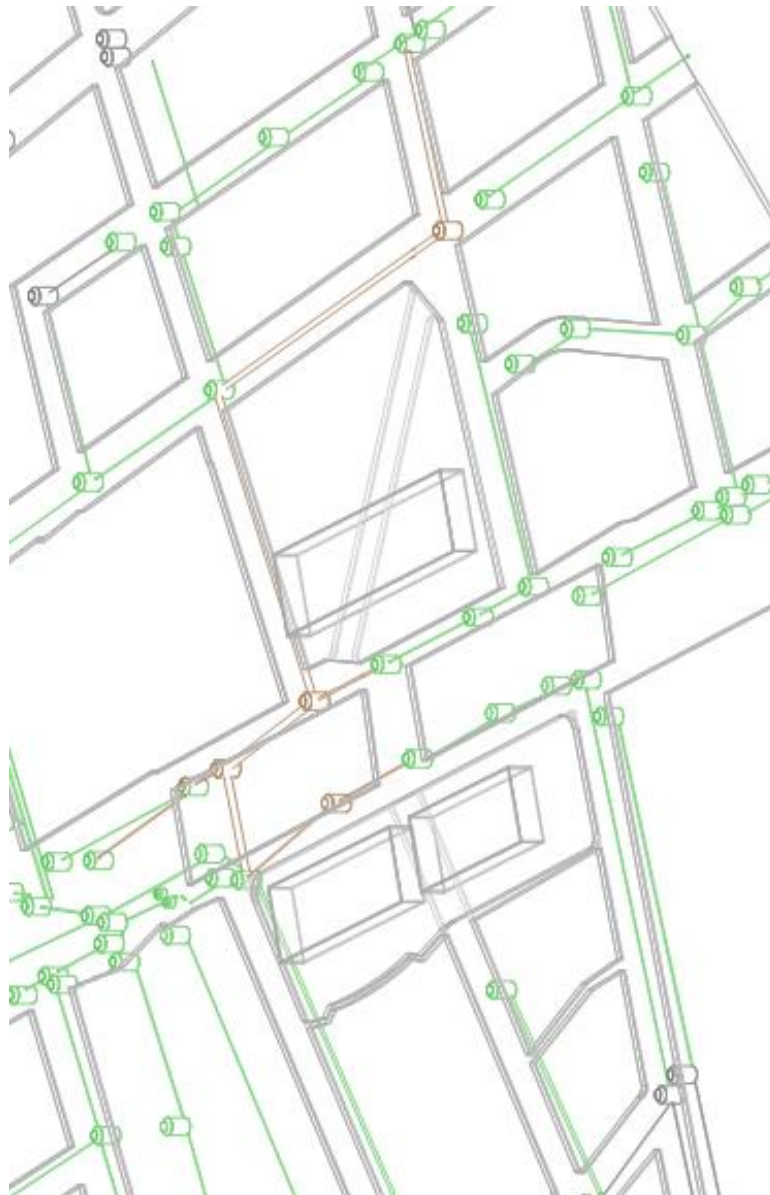
Anexo 32. 3D – Red Sanitaria Existente Intersección BRT



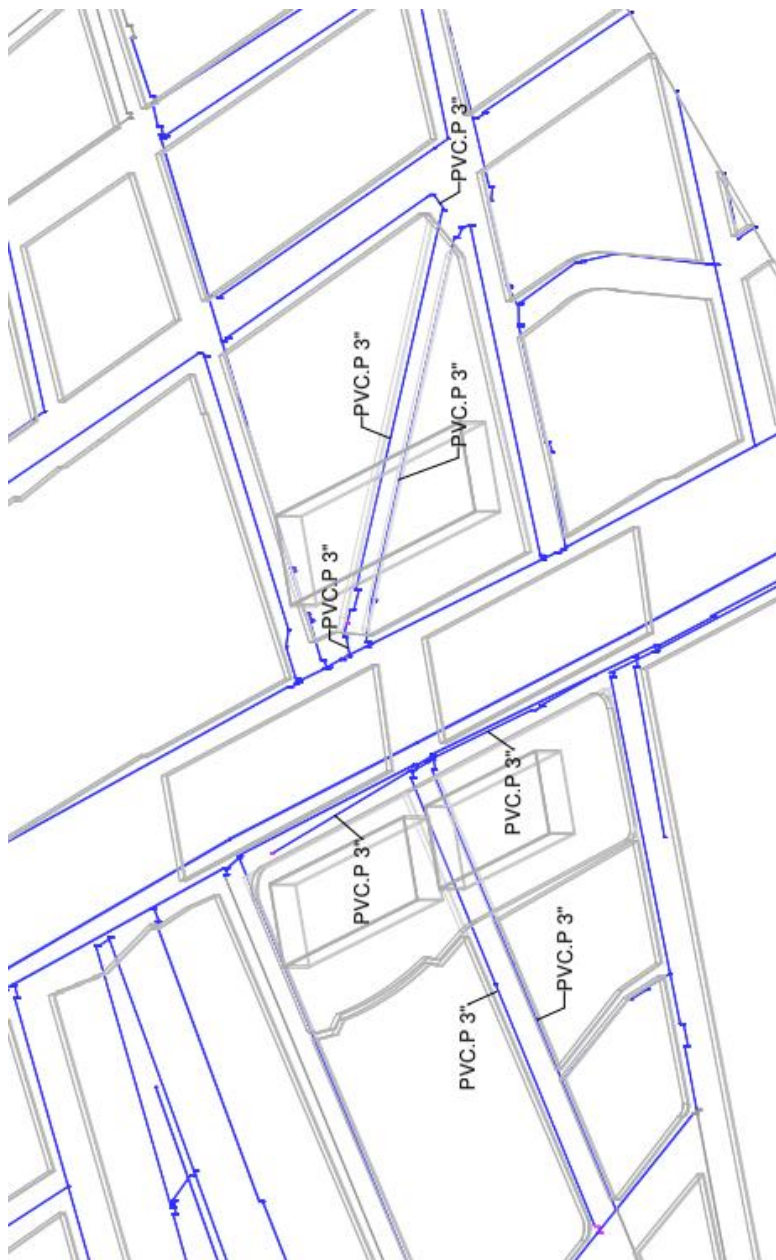
Anexo 33. 3D-Red Sanitaria a Desmontar Intersección BRT



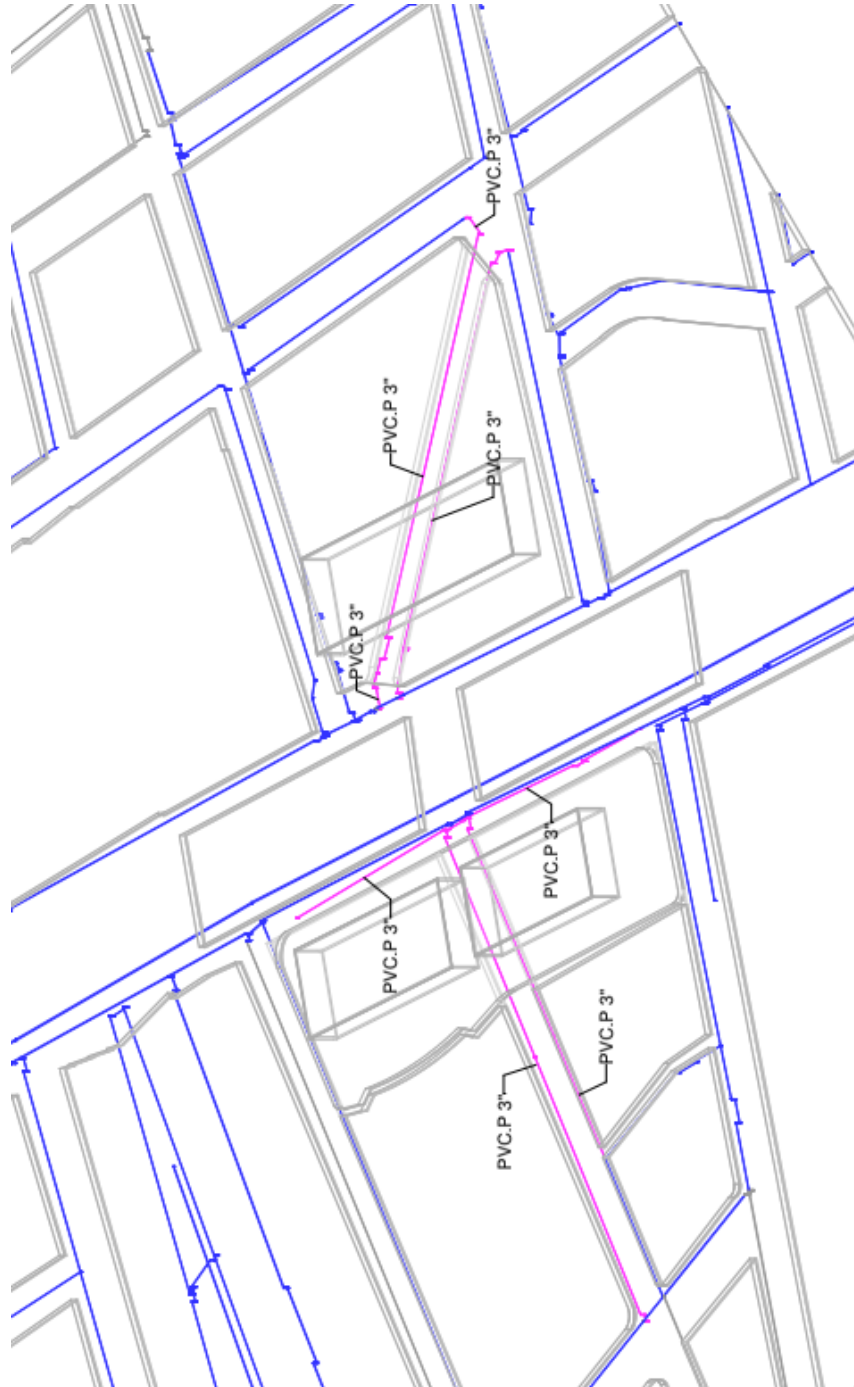
Anexo 34. 3D-Red Sanitaria Propuesta Intersección BRT



Anexo 35. 3D – Red Suministro Existente Intersección BRT



Anexo 36. 3D-Red Suministro a Desmontar Intersección BRT



Anexo 37. 3D-Red Suministro Propuesta Intersección BRT



Tabla 11. Tubería a Desmontar Red Sanitaria Intersección BRT

Properties

Schedule

Schedule: Tubería Desmontar Red Sanitaria Combinada

Identity Data

View Template

View Name

Dependency

Workset

Filtered by

Properties help

Level 1

Tubería Desmontar Red Sanitaria...

Tubería Nueva Red Suministro

<Tubería Desmontar Red Sanitaria Combinada>

Comments

Diameter

Length

Material

Sanitaria A Desmontar

10"

3.29

PAVCO PVC Sanitarias Novatec

Sanitaria A Desmontar

10"

27.85

PAVCO PVC Sanitarias Novatec

Sanitaria A Desmontar

10"

103.12

PAVCO PVC Sanitarias Novatec

Sanitaria A Desmontar

10"

4.82

PAVCO PVC Sanitarias Novatec

10"

138.89

Sanitaria A Desmontar

12"

60.22

PAVCO PVC Sanitarias Novatec

Sanitaria A Desmontar

12"

94.00

PAVCO PVC Sanitarias Novatec

12"

154.22

Sanitaria A Desmontar

16"

11.77

PAVCO PVC Sanitarias Novatec

Sanitaria A Desmontar

16"

3.60

PAVCO PVC Sanitarias Novatec

Sanitaria A Desmontar

16"

16.75

PAVCO PVC Sanitarias Novatec

Sanitaria A Desmontar

16"

31.00

PAVCO PVC Sanitarias Novatec

Sanitaria A Desmontar

16"

1.60

PAVCO PVC Sanitarias Novatec

Sanitaria A Desmontar

16"

13.56

PAVCO PVC Sanitarias Novatec

16"

78.28

Sanitaria A Desmontar

33"

75.70

PAVCO PVC Sanitarias Novatec

33"

75.70

Sanitaria A Desmontar

64"

61.50

PAVCO PVC Sanitarias Novatec

Sanitaria A Desmontar

64"

129.30

PAVCO PVC Sanitarias Novatec

Sanitaria A Desmontar

64"

10.34

PAVCO PVC Sanitarias Novatec

Sanitaria A Desmontar

64"

28.00

PAVCO PVC Sanitarias Novatec

Sanitaria A Desmontar

64"

69.80

PAVCO PVC Sanitarias Novatec

64"

288.94

Sanitaria A Desmontar

82"

42.30

PAVCO PVC Sanitarias Novatec

82"

42.30

Zoom in or out using the Ctrl + mouse wheel or Ct

MAIN MODEL

Tabla 12. Tubería Nueva Red Sanitaria Intersección BRT

Properties	Level 1	Tubería Nueva Red Sanitaria Co...	X	Tubería Nueva Red Suministro
Schedule				
Schedule: Tubería Nueva Red Sanitaria Combinada	▼	▼	▼	▼
Identity Data	▼	▼	▼	▼
View Template	<None>	<None>	<None>	<None>
View Name	Tubería Nueva Red Sanitaria Co...	Tubería Nueva Red Sanitaria Co...	Tubería Nueva Red Sanitaria Co...	Tubería Nueva Red Sanitaria Co...
Dependency	Independent	Independent	Independent	Independent
Worksheet	View "Schedule: Tubería Nueva R...	View "Schedule: Tubería Nueva R...	View "Schedule: Tubería Nueva R...	View "Schedule: Tubería Nueva R...
Edited by	Inne Trivino	Inne Trivino	Inne Trivino	Inne Trivino
Properties help	Apply	Apply	Apply	Apply
Project Browser - Urbanismo	▼	▼	▼	▼
3D - Red Suministro a Desmontar	▼	▼	▼	▼
3D - Red Suministro Existente	▼	▼	▼	▼
3D - Red Suministro Propuesta	▼	▼	▼	▼
Niveles Base	▼	▼	▼	▼
Legends	▼	▼	▼	▼
Schedules/Quantities (all)	▼	▼	▼	▼
Tubería Desmontar Red Sanitaria Combinada	▼	▼	▼	▼
Tubería Nueva Red Sanitaria Combinada	▼	▼	▼	▼
Sheets (all)	▼	▼	▼	▼
Families	▼	▼	▼	▼
Groups	▼	▼	▼	▼
Revit Links	▼	▼	▼	▼
Zoom in or out using the Ctrl + mouse wheel or Ct...	▼	▼	▼	▼
SUMINISTRO	▼	▼	▼	▼

A	B	C	D
Comments	Diameter	Length	Material
SANITARIA PROPUESTA	16"	44.50	PAVCO PVC Sanitarias Novatec
SANITARIA PROPUESTA	16"	37.34	PAVCO PVC Sanitarias Novatec
SANITARIA PROPUESTA	16"	47.03	PAVCO PVC Sanitarias Novatec
SANITARIA PROPUESTA	16"	13.17	PAVCO PVC Sanitarias Novatec
16"		142.04	
SANITARIA PROPUESTA	24"	32.00	PAVCO PVC Sanitarias Novatec
24"			
SANITARIA PROPUESTA	64"	116.90	PAVCO PVC Sanitarias Novatec
SANITARIA PROPUESTA	64"	51.70	PAVCO PVC Sanitarias Novatec
64"		168.60	
SANITARIA PROPUESTA	78"	96.00	PAVCO PVC Sanitarias Novatec
78"			
SANITARIA PROPUESTA	82"	43.80	PAVCO PVC Sanitarias Novatec
SANITARIA PROPUESTA	82"	29.50	PAVCO PVC Sanitarias Novatec
82"		73.30	

Tabla 13. Tubería a Desmontar Red Suministro Intersección BRT

Level 1

Tubería Nueva Red Suministro

Tubería Nueva Red Suministro

Tubería Nueva Red Suministro

<Tubería Desmontar Red Suministro>

A	B	C	D
Comments	Diameter	Length	Material
SUMINISTRO A DESMONTAR	3"	664.38	PVC-PRESIÓN
Grand total: 48		664.38	

Schedule: Tubería Desmontar Red Suministro

Filter Edit...
Sorting/Grouping Edit...
Formatting Edit...
Appearance Edit...

Properties help

Project Browser - Urbanismo

- 3D - Red Suministro a Desmontar
- 3D - Red Suministro Existente
- 3D - Red Suministro Propuesta
- Niveles Base
- Legends
- Schedules/Quantities (all)
- Tubería Desmontar Red Sanitaria Combinada
- Tubería Desmontar Red Suministro**
- Tubería Nueva Red Sanitaria Combinada
- Tubería Nueva Red Suministro
- Sheets (all)
- Families

Zoom in or out using the Ctrl + mouse wheel or Ctrl +

SUMINISTRO

Main Model

Tabla 14. Tubería Nueva Red Suministro Intersección BRT

Properties

Schedule

Schedule: Tubería Nueva Red Suministro

Filter

Sorting/Grouping

Formatting

Appearance

Edit...

Edit...

Edit...

Edit...

Properties help

Project Browser - Urbanismo

3D - Red Suministro a Desmontar

3D - Red Suministro Existente

3D - Red Suministro Propuesta

Niveles Base

Legends

Schedules/Quantities (all)

Tubería Desmontar Red Sanitaria Combinada

Tubería Nueva Red Sanitaria Combinada

Tubería Nueva Red Suministro

Sheets (all)

Families

Groups

Zoom in or out using the Ctrl + mouse wheel or Ct SUMINISTRO

Level 1

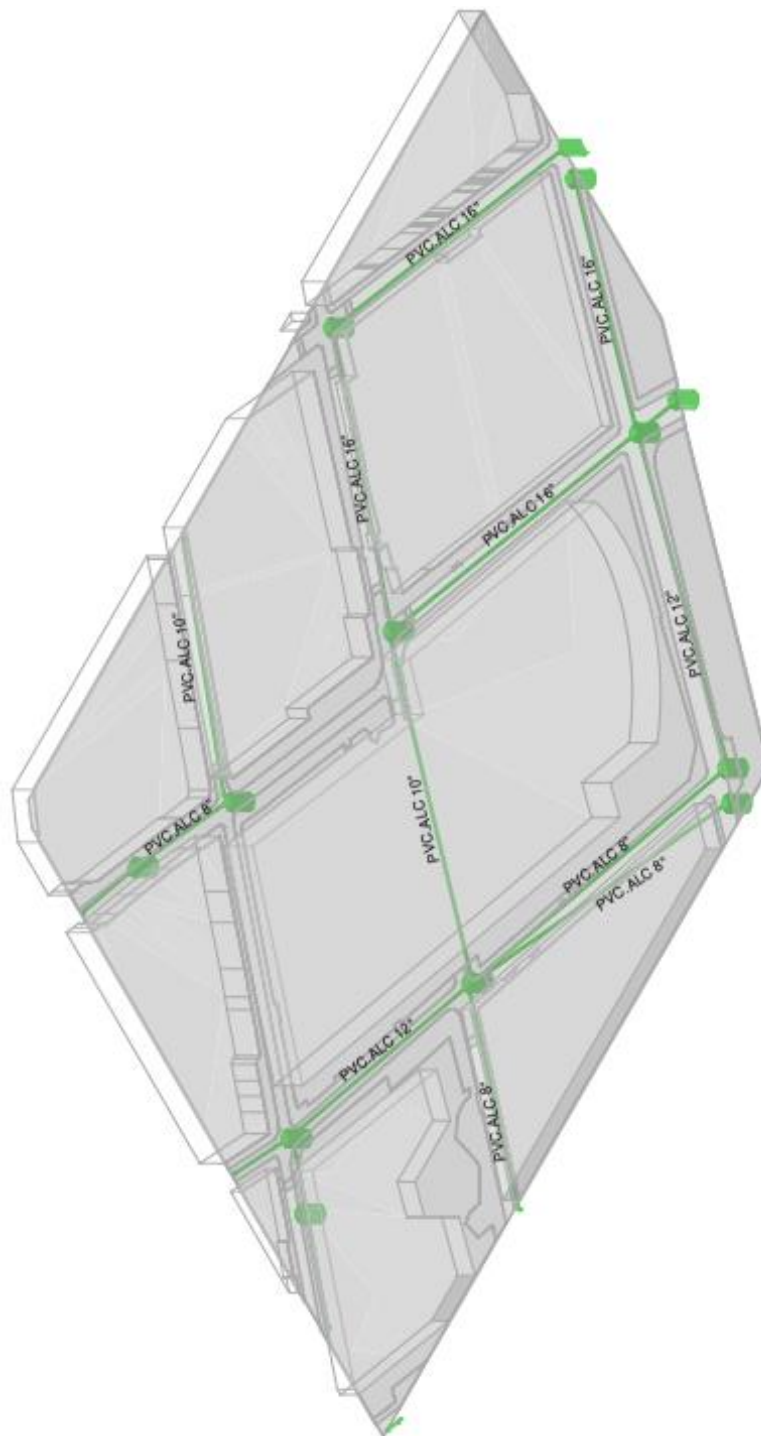
Tubería Nueva Red Suministro

Tubería Nueva Red Suministro

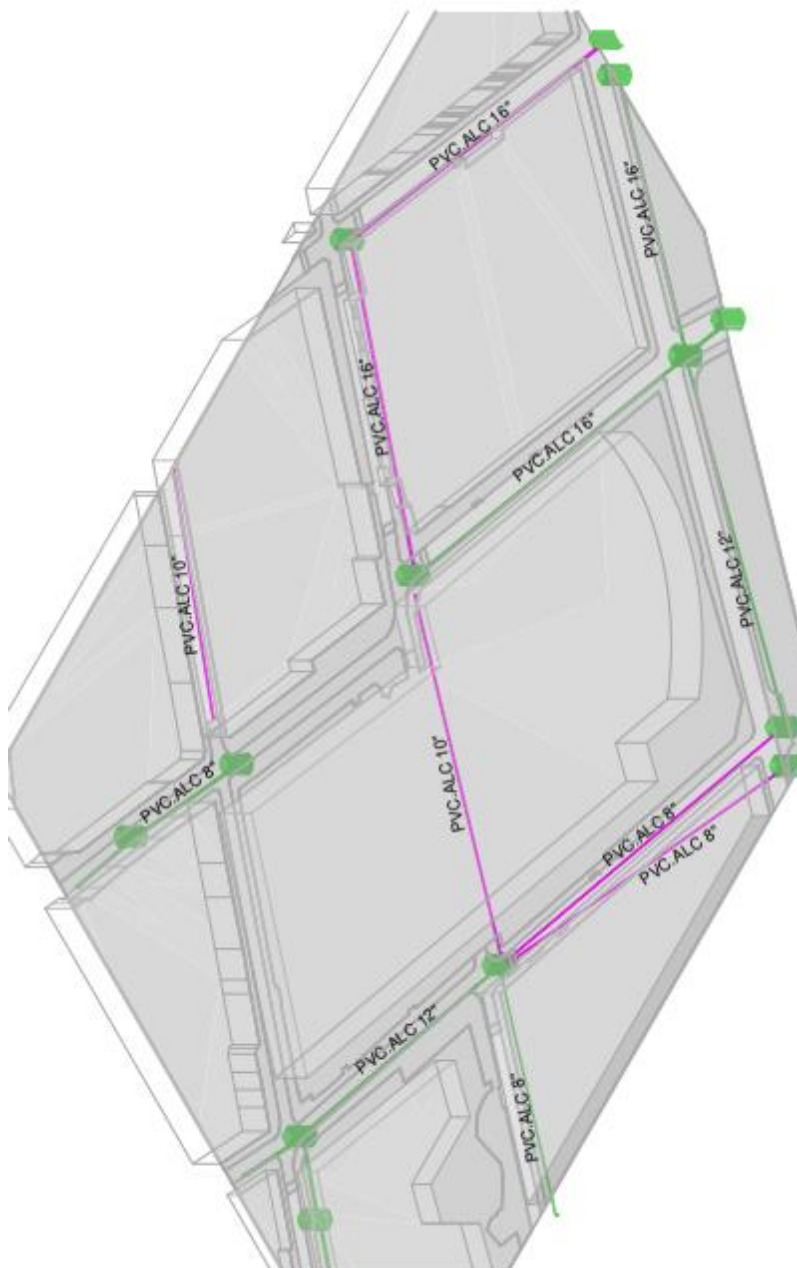
<Tubería Nueva Red Suministro>

A	Comments	B	Diameter	C	Length	D	Material
	SUMINISTRO PROPUESTA	3"			0.71		PVC-PRESIÓN
	SUMINISTRO PROPUESTA	3"			14.10		PVC-PRESIÓN
	SUMINISTRO PROPUESTA	3"			12.15		PVC-PRESIÓN
	SUMINISTRO PROPUESTA	3"			0.91		PVC-PRESIÓN
	SUMINISTRO PROPUESTA	3"			9.89		PVC-PRESIÓN
	SUMINISTRO PROPUESTA	3"			0.91		PVC-PRESIÓN
	SUMINISTRO PROPUESTA	3"			77.18		PVC-PRESIÓN
	SUMINISTRO PROPUESTA	3"			36.00		PVC-PRESIÓN
3"					151.85		
	SUMINISTRO PROPUESTA	6"			2.00		PVC-PRESIÓN
	SUMINISTRO PROPUESTA	6"			1.48		PVC-PRESIÓN
6"					3.48		

Anexo 38. 3D – Red Sanitaria Existente Espacio Publico



Anexo 39. 3D-Red Sanitaria a Desmontar Espacio Público



Anexo 40. 3D-Red Sanitaria Propuesta Espacio Público

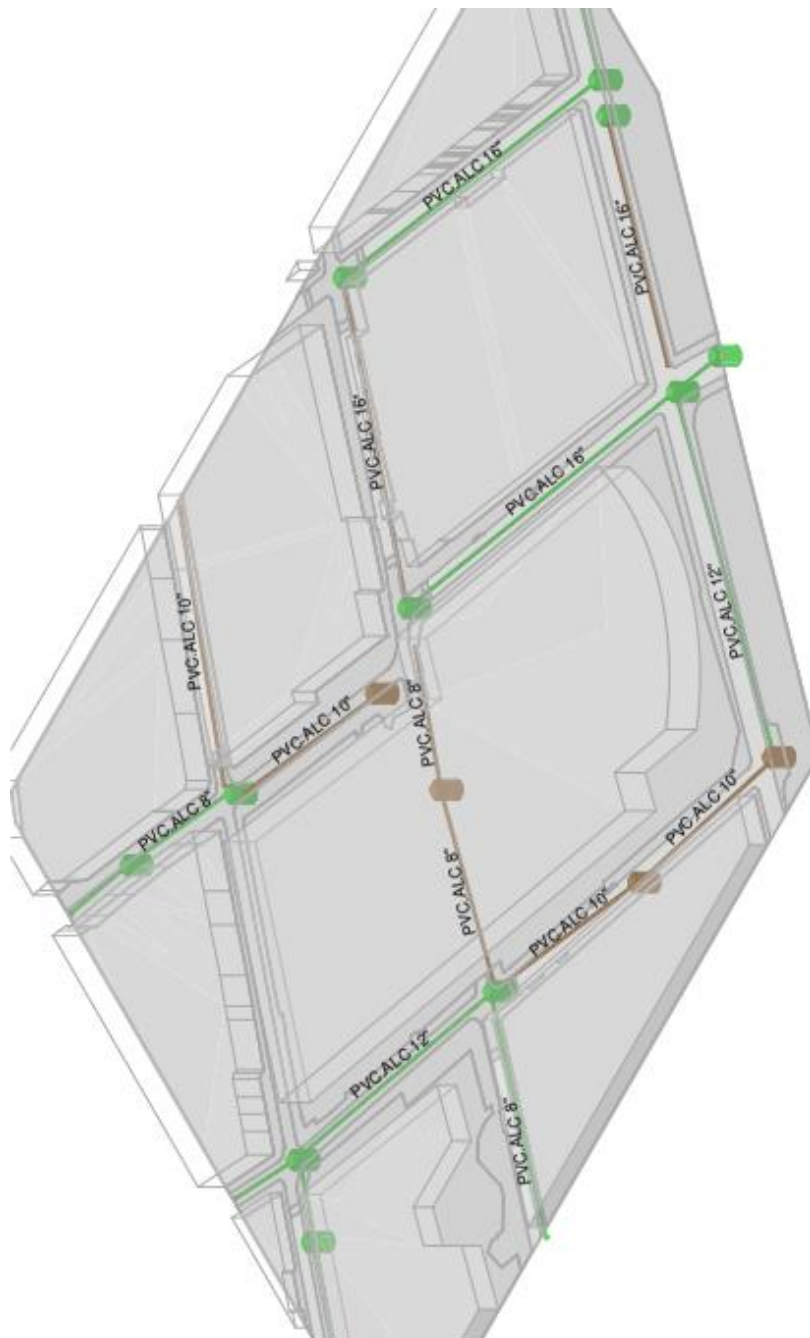


Tabla 15. Tubería a Desmontar Red Sanitaria Espacio Público

Properties	Level 1	Tubería Remover Red Sanitaria C...	3D - Red Sanitaria Desm...
Schedule	<Tubería Remover Red Sanitaria Copy>		
Schedule: Tubería Remover Red Sanitaria Copy			
Graphics			
Visibility/Graphics Overrides	Edit...		
Identity Data			
View Template	<None>		
View Name	Tubería Remover Red Sanitaria C...		
Dependency	Independent		
Properties help			
Project Browser - URBANISMO USAQUEN			
3D - Red Sanitaria Desmontar			
3D - Red Sanitaria Existente			
3D - Red Sanitaria Propuesta			
3D - Red Suministro Desmontar			
3D - Red Suministro Existente			
(3D)			
Elevations (Building Elevation)			
Legends			
Schedules/Quantities (all)			
Tubería Nueva Red Sanitaria			
Tubería Remover Red Sanitaria Copy			
Sheets (all)			
Zoom in or out using the Ctrl + mouse wheel or Ct			

A	B	C	D
Comments	Diameter	Length	Material
SANITARIO DESMONTAR	8"	75.51	PVC - PAVCO NOVAFORT
SANITARIO DESMONTAR	12"	78.33	PVC - PAVCO NOVAFORT
SANITARIO DESMONTAR	12"	82.07	PVC - PAVCO NOVAFORT
SANITARIO DESMONTAR	16"	104.40	PVC - PAVCO NOVAFORT
SANITARIO DESMONTAR	16"	60.17	PVC - PAVCO NOVAFORT
SANITARIO DESMONTAR	20"	34.43	PVC - PAVCO NOVAFORT
SANITARIO DESMONTAR	20"	55.72	PVC - PAVCO NOVAFORT
SANITARIO DESMONTAR	20"	14.70	PVC - PAVCO NOVAFORT
SANITARIO DESMONTAR	20"	89.40	PVC - PAVCO NOVAFORT
SANITARIO DESMONTAR	20"	46.39	PVC - PAVCO NOVAFORT
SANITARIO DESMONTAR	20"	37.40	PVC - PAVCO NOVAFORT
SANITARIO DESMONTAR	20"	14.30	PVC - PAVCO NOVAFORT
Grand total		692.82	

Tabla 16. Tubería Nueva Red Sanitaria Espacio Público

A	B	C	D
Comments	Diameter	Length	Material
SANITARIO PROPUESTA	8"	43.00	PVC - PAVCO NOVAFORT
SANITARIO PROPUESTA	8"	30.30	PVC - PAVCO NOVAFORT
SANITARIO PROPUESTA	10"	62.00	PVC - PAVCO NOVAFORT
SANITARIO PROPUESTA	10"	55.01	PVC - PAVCO NOVAFORT
SANITARIO PROPUESTA	10"	52.94	PVC - PAVCO NOVAFORT
SANITARIO PROPUESTA	10"	54.11	PVC - PAVCO NOVAFORT
SANITARIO PROPUESTA	16"	69.75	PVC - PAVCO NOVAFORT
SANITARIO PROPUESTA	16"	56.00	PVC - PAVCO NOVAFORT
Grand total			423.10

View Name	Dependent
Tubería Nueva Red Sanitaria	Independent

Properties help

Project Browser - URBANISMO USAQUEN

- 3D - Red Sanitaria Desmontar
- 3D - Red Sanitaria Existente
- 3D - Red Sanitaria Propuesta
- 3D - Red Suministro Desmontar
- 3D - Red Suministro Existente
- (3D)
- Elevations (Building Elevation)
- Legends
- Schedules/Quantities (all)
- Tubería Nueva Red Sanitaria**
 - Tubería Remover Red Sanitaria Copy
- Sheets (all)

Tabla 17. Tubería a Desmontar Red Suministro Espacio Público

Properties

Schedule

Schedule: Tubería Remove Red Suministro

Phase Filter

Phase

Other

Fields

Filter

Sort/Grouping

Properties help

Apply

Project Browser - URBANISMO USAQUEN

- 3D - Red Suministro Existente
- 3D - Red Suministro Propuesta (3D)
- Elevations (Building Elevation)
- Legends
- Schedules/Quantities (all)
- Tubería Remove Red Suministro**
- Tubería Nueva Red Sanitaria
- Tubería Remover Red Sanitaria
- Sheets (all)
- Families
- Groups

Zoom in or out using the Ctrl + mouse wheel or Ct

Level 1

Tubería Remove Red Suministro

SUM EXISTENTE

A	B	C	D
Comments	Diameter	Length	Material
SUMINISTRO A DESMONTAR	6"	1933.43	PVC - PRESIÓN
Grand total		1933.43	

Tabla 18. Tubería Nueva Red Suministro Espacio Publico

Properties

Level 1

Tubería Nueva Red Suministro X

Schedule: Tubería Nueva Red Suministro

Graphics

Visibility/Graphics Overrides

Identity Data

View Template

View Name

Dependancy

Properties help

Apply

Project Browser - URBANISMO USAQUEN

- 3D - Red Suministro Existente
- 3D - Red Suministro Propuesta
- {3D}
- Elevations (Building Elevation)
- Legends
- Schedules/Quantities (all)
- Tubería Nueva Red Suministro**
- Tubería Remover Red Suministro
- Tubería Nueva Red Sanitaria
- Tubería Remover Red Sanitaria
- Sheets (all)
- Families

Zoom in or out using the Ctrl + mouse wheel or Ct

Main Model

A	B	C	D
Comments	Diameter	Length	Material
SUMINISTRO PROPIUESTA	3"	229.85	PVC - PRESIÓN
SUMINISTRO PROPIUESTA	4"	229.85	PVC - PRESIÓN
SUMINISTRO PROPIUESTA	6"	163.99	PVC - PRESIÓN
		1608.39	
Grand total		2002.23	